L' ARTE

DI REGGERE I FIUMI

1

L' ARTE
DI
REGGERE I FIUMI

DI ENRICO BAR. DE PECHMANN

REGIO CONSIGLIERE SUPERIORE DELLE PUBBLICHE COSTRUZIONI
DI BAVIERA, E CAVALIERE DELL' ORDINE MILITARE
DEL MERITO DI MASSIMILIANO GIUSEPPE

TRADOTTA DAL TEDESCO

ED AMPLIATA CON LA DESCRIZIONE DEI LAVORI SUL RENO

DALL' INGEGNERE

RINALDO NICOLETTI

DOTTORE IN MATEMATICA ED UFFICIALE DELL' IMP. REG. GOVERNATIVO
DIPARTIMENTO DEL GENIO PER LE PROVINCIE VENETE

VOLUME PRIMO

VENEZIA
NEL PREMIATO STABIL. DI G. ANTONELLI ED.
1846

La presente traduzione venne fatta sulla seconda edizione di Monaco, 1835; la prima edizione vide la luce a Monaco nel 1825.

A

PIETRO PALEOCAPA

DIRETTORE GENERALE

DELLE PUBBLICHE COSTRUZIONI NELLE PROVINCIE

VENETE

CAVALIERE DELL'I. R. ORDINE AUSTRIACO

DELLA CORONA FERREA

MEMBRO DEL VENETO ISTITUTO

E

SOCIO DI VARIE ILLUSTRI ACCADEMIE

Omaggio DEL TRADUTTORE

AVVERTIMENTO

AI CORTESI LETTORI

Benchè la prefazione dell'Autore ci dispensi dal muover parola intorno allo scopo dell' opera che pubblichiamo, pure ci sembra acconcio di dichiarare, che abbiamo con essa unicamente cercato di supplire alla mancanza fra noi di un Manuale pratico dei fiumi, che valga a servire di guida agl' Ingegneri che incominciano il loro arringo; ai loro Subalterni, i quali non hanno altro libro per istruirsi minutamente e copiosamente di queste materie, e da ultimo a Tutti quelli che, ignari delle matematiche, amassero per qualsivoglia fine di conoscere in esteso la scienza pratica dei fiumi. All' oggetto poi di offrire una chiara idea dei segnalati avanzamenti che fece questa scienza negli ultimi tempi, abbiamo stimato utile divisamento quello di aggiungere l'ampia descrizione dei moderni lavori sul Reno, pubblicata negli Annali di ponti e strade dal chiarissimo ingegnere in capo Defontaine. Così viene anche largamente accresciuto il corredo delle Istruzioni pratiche contenute nel testo, e se tale complesso potrà riuscire gradito, e riempiere almeno in parte il bisogno, a cui fu nostro intento di servire, avremo dell' umile nostra fatica raccolto il frutto più desiderato.

IL TRADUTTORE.

PREFAZIONE

Noi possediamo molti eccellenti trattati d' idraulica, e segnatamente la parte teorica della medesima è stata elaborata con insigne diligenza e con felice successo. Ma si manca tuttavia di una guida pratica per l' arte di reggere i fiumi, la quale, abbastanza completa, e, senza essere agl' ingegneri scientificamente istituiti inutile e discara, riesca in pari tempo soddisfacente al bisogno di quelli, rispetto ai quali le sublimi matematiche discipline, agl' idraulici necessarie, sono rimaste estranee od inaccessibili. Circa la mancanza d' integrità nelle opere di questo genere sinora pubblicate, non voglio accennare che i tagli, i quali, benchè costituiscano uno dei più importanti obbietti della fluviale architettura, pure o nulla affatto, ovvero con tanta imperfezione e difetto vi si trovano pertrattati, che qualunque non abbia ancora avuto sufficiente occasione di acqui-

sirne praticamente la scienza, indarno si affaticherebbe di attingerla agl' insegnamenti, che sono in que' libri contenuti. Con simile, benchè meno grossolana, imperfezione, furono sviluppati diversi altri oggetti spettanti al reggimento dei fiumi.

Ho scritto quest' opera non solamente per quelli che intendono dedicarsi all' idraulica, ma per gli altri ancora che vogliono dedicarsi alla politica economia. Che sia anche a quest' ultimi confacente, vorrei dire piuttosto necessario, di procurarsi una conoscenza alquanto più che superficiale anche in questo importante ramo della civile architettura, ne può appena essere mosso il dubbio. Assai stretto è il legame, in cui codesto ramo si trova coi reali bisogni di uno Stato; l' economista politico, massime quando perviene ai più alti gradini dell' amministrazione, esercita spessissimo una pressochè esclusiva influenza sul giudizio intorno alla capacità degl' ingegneri, e al loro collocamento in servigio dello Stato, e sulla scelta dei proposti piani di fabbrica, nè gli può essere, in conseguenza, permesso rimanere affatto ignaro di questa materia. Questo per altro è un caso frequentissimo, e perciò solo divenne possibile che, in tempi da noi non molto lontani, si consultassero nei più rilevanti punti delle costruzioni fluviali pretti manuali di fabbrica, e tra costoro e i veri istituiti idraulici non si sapesse fare la più piccola distinzione. I danni, che qualche Stato ha per tale causa sofferto, sono gravissimi.

Consistettero questi nella improvvida scelta degl' ingegneri, la quale tanto più facilmente poteva accadere, in quanto che al superficiale importuno ciarliere sotto tali circostanze riusciva ben facile di ottenere la preferenza in confronto dell' uomo erudito e modesto; nella scelta di progetti male ideati, in luogo di quelli più convenienti, che venivano nello stesso tempo proposti; in lavori, per cagione di ciò malamente riusciti, e grandi, ma inutili spese, non di rado accompagnate da sommo nocumento alle proprietà dello Stato e dei cittadini; nella indifferenza, e anzi nella ingratitudine, con la quale furono talvolta retribuiti gli autori delle opere più mirabili e più esemplari, attesochè quelli, dai quali dipendeva la loro estimazione, non avevano la capacità di apprezzarle, ed invero tanto meno, perchè simili opere non appagano l' occhio, siccome quelle della bella architettura, e perchè spesso nascondono alla vista le parti loro di più difficile esecuzione, come, p. e., i fondamenti delle chiuse e dei ponti. Nelle scritture dei più celebri idraulici s' incontrano ad ogni passo amari e ben fondati lamenti su tutte queste conseguenze di negletta architettura. È facile a vedersi che dovevano perciò andare ritardati e impediti gli avanzamenti dell' idraulica, il cui progresso non può d' altronde aspettarsi, se non che dalle cognizioni e dall' esperienze di idraulici scientificamente istituiti. Sarebbe cosa ingiusta, se volessi negare che i danni provenienti dalla noncuranza dello studio dell' architettura non siano oggidì addivenuti

più rari di quello che fossero una volta, e che non sia divenuta del pari più rara quella noncuranza stessa, ma non isvaniranno mai essi del tutto, che allo svanire della medesima.

Potrebbe intanto esser utile il porgere un contrassegno infallibile, dal quale sia dato conoscere l'inetto o incapace architetto fluviale. Quello, cioè, che pianta lavori nel fiume là precisamente, ove il danno si manifesta, senza indagare previamente la causa di esso, e senza avere riguardo al corso regolare del fiume e alla normale larghezza del medesimo, non comprende certo la scienza dei fiumi, dalla direzione dei quali deve essere perciò allontanato, e tutto il più si potrebbe impiegarlo nell' attivazione dei lavori progettati da altri, che di lui più sanno.

Il duplice intento di questo trattato, cioè di guida pratica per quelli che intendono dedicarsi all' effettivo esercizio della fluviale architettura, e di guida agl' impiegati amministrativi che desiderano di apprendere questa materia solamente in quanto possono averne bisogno nella sfera delle loro attribuzioni, mi giustificherà pienamente dell' avere possibilmente evitato di riferire i meri principii teorici, e di applicare la matematica, quantunque sia dessa indispensabile anche per questo ramo della civile architettura. Circa la prima classe di lettori, io posso fondatamente supporre, che abbiano di già acqui-

sito le teoriche e matematiche dottrine, onde, senza pregiudizio del loro scopo, potranno fare a meno dell' impiego di esse in un libro, il quale è in massima parte destinato a porgere quegl' insegnamenti soltanto, che le osservazioni pratiche e l' esperienze possono somministrare, e che essi inutilmente ricercano nel maggior numero degli scritti idraulici, che si aggirano principalmente sulla teoria della scienza. Per quelli che si destinano agl' impieghi subalterni nell' amministrazione delle acque, e per la maggior parte degli altri che vogliono istruirsi dell' architettura dei fiumi, senza che abbiano mai ad esercitarla, l' impiego della teoria sarebbe stato d' inciampo all' uso facile e spontaneo di questo libro, ed io avrei allora fallito uno de' fini più importanti che mi sono prefisso, senza pertanto recare ai primi un servigio di qualche entità.

Nella presente guida ho preso in considerazione più di quello che sia fin qui avvenuto nelle altre opere dello stesso genere, i fiumi di monte, che sono nella Baviera tanto frequenti, e tanto distruttori e rapaci. Quasi tutti gli scrittori idraulici hanno costruito lavori sopra fiumi di minore velocità. Quindi anche nell' architettura fluviale ebbe a restare addietro una molto sensibile lacuna, la quale, mercè questo libro, non verrà certamente riempita, ma mi stimerei felice, se tanto almeno potessi avere operato, da dar principio con esso al riempimento della medesima.

A chi avrà in qualche paese attentamente esaminati fiumi di questa natura, sarà talvolta accaduto d'incontrarvi molti e grandiosi lavori, ma per lo più senza connessione tra loro, e mai dietro a qualche prestabilito generale sistema. Spessissimo vi avrà trovati soltanto isolati acciabattamenti, eseguiti dai così detti periti d'acque, ivi appunto, ove la necessità pareva richiederlo, i quali sovente più costarono di quello che valesse il fine, che con essi si doveva raggiungere. Ma, ad onta che l'esito palesasse l'insufficienza delle adottate misure, pure si perseverò sempre nel vecchio stile, senza punto cavare profitto dalle fatte esperienze, ed io conobbi taluno di questi periti, il quale, dopo che per lunga serie di anni ebbe nella stessa maniera, e colla riuscita stessa, continuato a fare acciabattati lavori, in cambio di essere perciò divenuto più accorto, per tutto il danaro da esso inutilmente gittato, non altro aveva saputo trarre a suo proprio ammaestramento, se non che la credenza, che con fiumi di questa natura nulla ci sia da fare, e che piuttosto non si debba in essi costruire lavori di alcuna sorte. Certamente lo Stato, che servirono, avrebbe risentito maggiore vantaggio, se avessero avuta codesta credenza prima d'incominciare le loro idrauliche operazioni, e, meglio ancora, se non avessero avuto mai da fare operazione veruna.

Io sono pienamente convinto che in tali fiumi si possa per appunto costruire con egual felice successo,

come in quelli di men rapido corso. Ciò per altro si rende spesso più malagevole e più dispendioso, e appunto per questo, prima d' intraprendervi qualche lavoro, tanto più accuratamente devesi esaminare se l' ottenimento dello scopo sia poi equivalente alla spesa che vuolsi perciò incontrare, e quando non si verifichi questo caso, è meglio tralasciare qualsivoglia operazione, di quello che, per mezzo di parziali e staccati provvedimenti, difendere semplicemente singole località minacciate, ovvero anche aggredite, onde poi grado grado perviensi ad una massa di slegati lavori, pel racconciamento de' quali, necessario sempre, risulta in fine insufficiente il fondo di cassa, e i quali, appunto per tal motivo, si debbono alla fine abbandonare in preda al loro destino. Nei fiumi mediocri si può talvolta, col mezzo di separati lavori, aggiunger benissimo l' intento; ma di rado nei veloci fiumi montani, i quali non possono per lo più venire frenati, salvo che riducendoli per lunghi tratti ad un corso regolare sulla base di un piano sistematicamente progettato, e con conseguenza e perseveranza proseguito. Nel corso dell' opera avrò l' occasione di menzionare qualche singolo caso, ove con tal metodo sono giunto a domare fiumi di monte rapidissimi.

Ora qualche cenno eziandio sul contenuto e sul piano dell' opera. Essa è divisa in dodici sezioni, che hanno rispettivamente per oggetto le proprietà dei fiumi, le misurazioni idrometriche, le fascinate, le difese e rivestimenti

di sponda, i ripari, i tagli, le piantagioni, il miglioramento dei fiumi in generale, le chiuse, la navigabilità dei fiumi, gli argini e l' asciugamento delle paludi. Osservo poi che quasi tutte le suddette sezioni furono scritte con l' intendimento di ridurle a trattati parziali, e per sè sussistenti, e che da ciò furono occasionate alcune ripetizioni, verso le quali avrà il lettore indulgenza.

Nelle prime otto sezioni non ho nulla riferto che non sia basato sulla mia propria esperienza ed osservazione, a eccezione di alcuni pochi casi, ne' quali poi non ho punto ommesso di farne avvertito il lettore, per modo che, a chiunque muover volesse dei dubbii contro i precetti che vi sono contenuti, quasi sempre potrei dire: « Vieni e vedi. » Anche per questa ragione non feci alcun cenno de' lavori, e delle regole d' arte che vengono a proposito, e sono applicabili solamente ai fiumi, nei quali ha ingresso il flusso del mare, attesochè io non ebbi mai occasione di acquistare intorno ad essi la competente esperienza. E tanto più mi è lecito di passare in silenzio siffatti oggetti, in quanto che questo libro è destinato più immediatamente per la mia patria, nella quale essi non possono mai presentarsi.

L' AUTORE.

INTRODUZIONE

§. 1.

La natura ha sparse infinite benedizioni sopra la terra, facendo che i fiumi la irrigassero in ogni sua parte; laddove, senza di essi, quasi da per tutto non altro sarebbe, che uno sterile deserto. Quante vallate, per feracità, opulenza e bellezza, ornamento della terra, non sono l' opera dei fiumi, e non vengono dai medesimi di continuo fertilizzate? Ma, d' altra parte, producono i fiumi, lungo il loro corso, alcuni effetti, che sono opposti alle viste e alle tendenze dell' uomo, e che appunto per ciò egli chiama rovine. Per la natura poi tali non sono, giacchè nelle mani di lei non divengono che mezzi, de' quali ella si serve per conseguire altri benefici fini, e dare vita a creazioni novelle, ed anche qui, come da per tutto, esercita e sviluppa l' ingegno e le forze dell' uomo, affinchè non s' intorpidisca in un ozio fisico ed intellettuale.

§. 2.

Appena l' uomo pose domicilio nelle valli dei fiumi (ed è verisimile che fossero queste i primi luoghi da esso abitati, in grazia della lor maggiore fertilità, e di alcuni altri vantaggi che gli

presentavano) e tosto gli fu forza avvilupparsi in una lotta coi fiumi. Come nella prima capanna stabile, che egli si fabbricò, giacque nascosto il germe primiero della civile architettura, così pure il suo primissimo sforzo onde ripararsi dai fiumi ha dovuto essere il principio della idraulica architettura. Il fiume danneggiava le sponde, presso le quali gli abitanti della valle avevano piantati i frutti de' campi, ed essi cercar dovevano di premunirle. Il fiume inondava gli adiacenti terreni, ed essi, quando l' inondazione sopravveniva ad un' epoca, in cui le sue feconde torbe non potevano che arrecare vantaggio, procuravano di espanderne l'efficacia, e, se riusciva dannosa, innalzavano argini per arrestarla. Il fiume ingombrava il proprio letto con dossi e con isole, o si barricava la foce con bassi fondi e con iscanni, e l' uomo, inventata ch' ebbe la navigazione, si vide forzato a rimuovere quegli ostacoli, per procacciare a questa un libero corso. Egli abbisognava di un luogo di sicuro rifugio per le sue navi, ma la natura non lo aveva creato da per tutto, e però gli convenne fabbricarselo con l' arte. In tal maniera si venne gradatamente formando l' architettura idraulica. Ma per altro e' fu ben necessario un un lungo lasso di secoli, prima che si arrivasse a rendere innocuo un fiume, e a costruire il primo porto sicuro, ossia prima che si potessero eseguire le opere meravigliose, per mezzo delle quali l' antico Babilonese e l' antico Egiziano ebbero il coraggio di diffondere sopra una gran parte dei loro territorii le inondazioni dell' Eufrate e del Nilo, e di farne più sicuri gli effetti.

§. 3.

Non appartiene al fine di quest' opera il tessere una storia dell' architettura idraulica. Mi limito soltanto ad osservare, che nell' Europa questa scienza, in alcuno de' suoi rami, specialmente in quello de' fiumi, non ha incominciato ad uscire dall' infanzia

che da un' epoca niente da noi più lontana di mezzo secolo (1). Nello stesso Reno, il quale è da secoli una delle più importanti vie commerciali, e framezzo a provincie da tanto tempo agricole per eccellenza, prosperose ed illuminate, si veggono pure ad ogni passo le traccie di quella infanzia, ad onta che sia stato assoluto bisogno di piantarvi ripari continuamente, e fino dalla più remota antichità.

§. 4.

Questa lunghissima infanzia sembra aver dipenduto in gran parte dalla circostanza, che l' architettura idraulica, e segnatamente quella dei fiumi, è per altrettanto tempo rimasta nelle mani di pretti empirici non rischiarati da verun lume scientifico, e quando pure si ebbe a conoscere ch' era indispensabile di applicare la matematica, e la fisica alla scienza dell' acque, stette questa ancora per lungo tempo pensile fra sterili teorie e ciechi sperimenti fatti alla ventura. Allorchè, da ultimo, venne effettivamente ridotta sopra un migliore sentiero, i progressi che a questa scienza rimanevano a fare, onde giugnere al suo perfezionamento, furono troppo spesso intralciati dall' influenza dei sedicenti periti d' acque, il che più o meno è anche al giorno d' oggi il caso, e lo sarà sempre sin tanto che l' idraulica resterà circoscritta entro il breve cerchio di adoratori, che l' hanno fin qui coltivata. Uno dei più grandi idraulici, Brunnings, e precisamente in un paese, la cui esistenza è anzi in parte condizionata al mantenimento di un confacente sistema idraulico, in Olanda, egli stesso ebbe a lottare con molteplici ostacoli, che derivavano tutti da questa sorgente.

(1) È dunque evidente che l' Autore non conosce l' Italia, nè la celebre Scuola idraulica che in Italia fiorisce da secoli, e ha fondata la propria rinomanza su opere colossali e d'una eminente utilità, e sopra classici scritti, che meritarono i distinti applausi di altre nazioni, ove andarono a spargere i principali lumi, e ad innalzare l' edificio della scienza. *(Nota del Trad.)*

§. 5.

Nella prefazione io mi sono spiegato intorno alla maniera per mio avviso la più efficace a sopprimere gl' impedimenti di questo genere, e credo ora di poter passare al tracciamento della strada, che deve battere un giovane, il quale voglia rendersi familiare l' architettura delle acque.

È prima di tutto indispensabile che egli acquisti una cognizione fondamentale della matematica. Tosto che abbia fatti bastevoli progressi nelle matematiche pure ed applicate, lasciate anche da un canto le sublimi, al qual oggetto gli vengono preferibilmente raccomandate l' eccellenti opere di Eitelwein, può quindi darsi allo studio degli autori pratici d' idraulica (Silberschlag, Büsch, Schemerl ed altri), ed istruirsi in questa scienza sui luoghi stessi de' lavori, e da ultimo visitare i paesi, ove l' idraulica venne colla maggior perfezione esercitata. Nella scelta di questi lo deve per lo più determinare quel ramo della scienza, al quale intende principalmente dedicarsi. Se questo è il ramo dei fiumi, un viaggio per la Germania gli sarà incomparabilmente più utile, che per la Francia e per l' Inghilterra, ove in questa parte dell' idraulica si rimane ancora molto addietro ai Tedeschi. Deve accuratamente studiare tutti i lavori che gli si parano innanzi, prendere informazioni dei fini e degli effetti loro, e portare tutta l' attenzione a quelli, che non hanno corrisposto all' intento, imperciocchè le opere idrauliche, male riuscite, non sono niente meno istruttive, anzi spesso più istruttive di quelle ottimamente riuscite, e di buon senno un chiaro scrittore asserisce, che lo sfortunato idraulico non giova veramente allo Stato, ma bensì alla scienza, con le sue mal riuscite operazioni. Indi può anche attingere le matematiche sublimi ai Trattati di un Langsdorf, di un Prony e di altri. Seguendo questa traccia, egli apprenderà nella maniera più sicura a discernere i confini

dell'applicabilità delle matematiche all'Idraulica, e terrà lontano il piede dal falso cammino, che qualche Teorico ha voluto calcare, e le cui dottissime opere non potranno esser mai di qualche pratica utilità per l'Idraulica. Egli vedrà che la matematica di rado soltanto nell'architettura Idraulica, e assai raramente poi nell'architettura fluviale, è in grado di segnare il giusto cammino, ma che per altro dev' essere considerata siccome un appoggio indispensabile per proseguire con passo sicuro lungo la via, che dall' esperienza ci viene additata.

§. 6.

Ma veruna teoria, veruna diligenza, e veruno sforzo non può mai supplire alla mancanza di natural disposizione, e del vero talento pratico. Eccettuati i pochi casi, in cui gli espedienti, ai quali conviene appigliarsi esser possono assolututamente il solo risultato di esami e di principii scientifici, l' Idraulico quasi sempre, appena che ha esattamente conosciuto l'oggetto, che gli sta davanti per essere elaborato, senza lunga meditazione, vorrei dir quasi, per istinto, deve scorgere i mezzi, che ha da impiegare, e non aver bisogno della scienza, che all' uopo d' impartire al piano, del quale il suo talento pratico ha abbozzato i contorni, la forma e il colore, e di completarlo in ogni caso negli oggetti accessorii. Che questo riflesso sia giusto per riguardo a tutte quasi le tecniche scienze, l'esperienza accorre a dimostrarlo. Quante delle più insigni scoperte non vennero fatte da uomini, il cui talento pratico non era sussidiato da veruna scientifica istituzione, e contuttociò non poterono esse dappoi dall' applicazione della scienza ricevere, tutto il più, che un qualche grado di perfezionamento, ovvero il loro sviluppo teorico; laddove col solo impiego dei canoni delle scienze si fecero in numero molto minore scoperte di qualche entità. Chi pertanto non ha sortito

quella naturale disposizione, non deve dedicarsi all' idraulica, ma quegli, a cui venne felicemente largita, si sforzi altresì con fervore di apprendere tutte le scientifiche dottrine, senza le quali il suo talento non può mai arrivare all' apice dello sviluppo e finitezza.

§. 7.

Una scienza ausiliaria di somma importanza per l' idraulico, è appunto la fisica. Egli si trova sempre a contatto colle forze della natura, le quali o adoperar deve per il proprio scopo, ovvero combattere. Non deve per altro accontentarsi di studiare quelle sole parti della fisica, di cui reputa di avere immediatamente bisogno, onde giugnere al suo intento, attesochè non è dato mai di farsi completamente dotti in alcuni rami di una scienza, quando si studino indipendentemente dalla loro connessione col tutto. Anche della storia naturale non deve andar ignaro l' idraulico, imperciocchè la stessa è destinata a somministrargli, in alcuni casi, dei segnalati servigi. In generale, chiunque ha la pretensione di essere tenuto per uomo di scientifica educazione, quand' anche si dedichi esclusivamente ad un solo oggetto, deve cercare di emanciparsi da quella uniformità, nella quale infallibilmente cadrebbe, ove si limitasse al semplice acquisto di quelle cognizioni, delle quali crede di avere immediatamente bisogno per il particolare suo fine. Oltrecciò, l' idraulico, attesi i molteplici oggetti che deve almeno mediatamente promuovere, trovasi al cospetto eziandio di altre scienze. Di più, tutte le diramazioni delle fisiche scienze, a misura che il dominio di esse si va gradatamente estendendo in virtù dei loro progressi sempre più rapidi, vengono sempre più a collegarsi e stringersi vicendevolmente insieme, e perciò diventa nella stessa proporzione sempre più difficile di fare in alcune di esse riguardevoli avanzamenti, quando si studino queste sole, e si lascino da un canto le altre.

§. 8.

Oltre le accennate scienze ausiliarie, è indispensabile all' idraulico un' attenta osservazione della natura, e l' attitudine e prontezza, che a tal uopo richiedonsi. Ciò gli si rende doppiamente indispensabile, allorchè trattasi di piantare lavori in fiumi di rapido corso, non solamente perchè in questi è più malagevole di rilevare i mezzi valevoli a raffrenarli, e renderli innocui, ma eziandio all' oggetto di cooperare a quell' ampliazione, e a quel perfezionamento, di cui ha qui ancora bisogno l'architettura dei fiumi. Quasi tutti i maestri d' idraulica non hanno per lo più costruito che in fiumi reali meno rapidi, e le memorie, che ci tramandarono si limitano quasi del tutto all' arte di reggere questa sorte di fiumi: anzi uno di loro qualifica a dirittura indomabili i fiumi, che hanno una velocità maggiore di sette piedi al secondo. È dovere dell' idraulico non solo di esercitare la propria scienza in conformità a tutte le regole, ma di estenderla eziandio, e di levarla al segno di perfezione, singolarmente ove essa comprende tuttavia un grande vuoto da empiere, come qui la scienza dei fiumi rispetto ai rapidi fiumi montani. Egli potrà essenzialmente contribuire a questo ultimo fine con la diligente osservazione della natura, e delle proprietà individuali di questi fiumi, e con l'accurata raccolta di tutti gli sperimenti fatti nei medesimi, sia per mezzo di operazioni che sortirono il contemplato effetto, sia per mezzo di quelle che hanno fallito il loro intento. Il giovine idraulico, sollecito della propria istituzione, deve adunque con alacrità dedicarsi non solamente allo studio e all' interpretazione dei libri stampati della sua arte, ove la fisica gli sarà una guida sicura, ma eziandio il libro grande della natura.

§. 9.

Allorchè l'uomo imprende a dirigere un fiume secondo il proprio volere, o vuol levargli la facoltà di nuocere, egli si mette in conflitto con una potenza, a vincer la quale direttamente riescono le sue forze nella maggior parte dei casi troppo deboli, ed ha, in conseguenza, bisogno di ricorrere a qualche artificio per uscire vittorioso dalla lotta. Questo consiste nel far servire al proprio intento, e fare sua ausiliaria la forza stessa ch' ei vuole combattere. Se l' idraulico non tiene il debito conto di tale verità, avrà quasi sempre la mortificazione di vedere, che il fiume, da lui provocato e malconcio, venga per vendetta a distruggere tutte le sue operazioni. Egli deve pertanto essere pienamente istrutto della natura e degli effetti dei fiumi in generale, ma ancora gl' incombe di usare ogni sforzo per conoscere le speciali proprietà de' singoli fiumi, intorno ai quali travaglia, e che per velocità, qualità dell' alveo, delle materie fluviali, ed altro, diversificano in parte nei loro effetti, e nei provvedimenti, di cui hanno bisogno; fuori di ciò, egli non apprenderà mai la maniera di signoreggiare e piegare a suo vantaggio la loro forza.

§. 10.

L' idraulico non può volgere al proprio scopo la forza di un fiume, se non che riducendolo ad un corso regolare, vale a dire allo stato normale. Egli non deve perder di vista siffatto intento anche nei lavori fluviali di minore importanza. Non deve mai fare un progetto per opera di qualsisia sorte, senza indicare sul piano il futuro corso regolare del fiume col più accurato riguardo alla larghezza normale, ovvero in casi meno importanti, rappresentarsela almeno, onde poter progettare quello che sia da eseguirsi con debito riguardo alla medesima. Chi ciò trascura, non potrà che di rado presagire l' esito dei proprii lavori; i suoi

progetti non sono che consigli e prove; spesse volte in cambio di rendere il fiume suo ausiliario, troverà nel medesimo un pericoloso nemico; spenderà ingenti somme senza raccogliere alcun frutto, nè merita quindi il titolo di perito d' acque. I miei lettori troveranno nelle seguenti sezioni diffusamente sviluppate codeste verità, e in pari tempo vi troveranno, se non tutti, almeno però i più importanti mezzi per evitare le conseguenze che dalla neglezione loro provengono.

SEZIONE PRIMA

DELLE PROPRIETA' DE' FIUMI.

§. 1.

La natura diffuse sopra la terra un' infinita quantità di sorgenti, le quali hanno da essa ricevuto l' impulso di adunarsi in piccoli canali, che *rivi* o *ruscelli* si chiamano. Questi rivi vanno essi pure a congregarsi in altri canali più grandi, e via via più grandi, i quali da ultimo si scaricano nei mari o in vasti laghi. Codesti canali hanno il nome generale di *fiumi.* Se due fiumi si uniscono insieme, il sito di loro unione dicesi *confluenza,* e *fiume tributario* quello che, nell'unirsi, perde il suo nome, accomunandosi quello dell' altro, il quale, se è navigabile e portasi a sboccare in mare, chiamasi *fiume reale.*

§. 2.

La più importante proprieta dei fiumi, quella che più balza agli occhi, è il loro *moto continuo.* Noi non possiamo un solo istante rimanere in dubbio sulla causa che lo produce. L'acqua, essendo un corpo grave, segue la legge generale di gravità, per la quale discende velocemente lungo i piani inclinati, ne' quali si dispone ogni letto di fiume, e anela al basso.

§. 3.

Ma perchè il movimento dei fiumi non è punto *accelerato,* quale poi esser dovrebbe, se fosse unicamente determinato dalla legge dei gravi? Le cause stanno nel contatto dell' acqua con l' aria sovraincombente e col letto del fiume, nelle ineguaglianze

del medesimo, nelle irregolarità delle sponde, nelle tortuosità del corso, e finalmente nella pendenza, la quale va sempre più scemando, a misura che i fiumi si allontanano dalle loro sorgenti.

§. 4.

La forza di adesione, generalmente sparsa nella natura, tiene aderente l' acqua al fondo e alle sponde dei fiumi, ed in conseguenza, le prime falde fluide, comunque sottilissime, che trovansi al loro contatto, devono rimanersi in quiete, ed il moto, per causa dell' adesione mutua delle particelle acquee, non può rendersi visibile che nelle falde d' acqua, le quali mano mano succedono alle inferiori e laterali. Il rallentamento prodotto da questa causa, non può scemare che a poco a poco, nella proporzione che i veli d' acqua si vanno scostando dalle ripe e dal fondo, ed in fine si annienta totalmente. Dalla proprietà poi che ha l' acqua di penetrare l' alveo sino ad una certa profondità, ne segue che il prefato rallentamento viene anche per tal ca gione aumentato, attesochè fassi maggiore con ciò l' aderenza dell' acqua colle parti dell' alveo.

L' acqua dei fiumi incontra un simile, benchè molto minore ostacolo al suo corso nello strato d' aria sopraincombente, il quale per altro può divenire abbastanza notevole, quando la direzione dell' aria sia contraria a quella dell' acqua.

§. 5.

A maggior segno viene il fiume rallentato dalle ineguaglianze del suo letto, e dai piccoli vortici che ne nascono, i quali si propagano per una considerabile parte di tutta la massa fluente. Spesso ci accorgiamo di oggetti che stanno immersi alla profondità di più piedi, dal semplice movimento dell' acqua alla sua superficie. Tra i più efficaci mezzi di rallentamento si devono annoverare le grosse ghiaie che coprono i letti de' tor-

renti e de' fiumi, e le piante acquatiche che vegetano ne' rivi di lento corso. Non di rado si osserva, che in cotali rivi la velocità notabilmente si accresce e il pelo dell' acqua si abbassa di un piede e più, se vengano levati que' vegetabili, quantunque per lo spazio da essi occupato non potessero cagionare un alzamento nel livello dell' acqua maggiore di due pollici.

§. 6.

Le irregolari sinuosità e gli sporti delle sponde danno origine alle controcorrenti, che agiscono in direzione opposta a quella del fiume. Nelle grandi riviere sono queste così generali, che per loro mezzo si può navigare a ritroso della corrente. Anche le svolte rallentano la velocità. Infatti noi la rinveniamo spessissimo meno rapida nelle grandi tortuosità, di quello che ne' tratti rettilinei del medesimo fiume, quand' anche in quelle non sia minore la declività, e talvolta anzi vi sia realmente più grande.

§. 7.

A tutte queste cause ritardatrici della velocità si aggiunge per ultimo la pendenza, che va continuamente decrescendo dall' origine dei fiumi sino al loro sbocco nel mare, e nella maggior parte di essi diventa alla fine quasi impercettibile. I teorici vollero in ciò unicamente riconoscere la cagione, per la quale il moto de' fiumi non è punto accelerato. Essi ne disposero anzi la superficie secondo una curva, delle isocrone, che ha la proprietà d' imprimere ad un corpo in essa ruotante o cadente all' ingiù un moto non accelerato, ma equabile. A loro sconforto però non ancora venne dato di poter riscontrare una simile curva in verun fiume. La velocità de' fiumi, anche in lunghi tratti, non è mai uniforme, ma decrescente, e il loro pendio e moto apparisce spessissimo irregolare. Anche qui, come si

potrebbe mai immaginare una teoria che andasse d' accordo con l' esperienza, se gli effetti quasi tutti dipendono da cause, che sfuggono alle nostre misure, spesso alla nostra vista, e che, in conseguenza, non possono assoggettarsi a verun calcolo? Per questa ragione anche i più grandi matematici, che alla teoria associarono la pratica, hanno confessato essere quest' ultima quasi sempre la sola che ci può servire di guida positiva e sicura nelle nostre fluviali operazioni (1).

§. 8.

Nelle cause che vengono a rallentare la velocità delle acque correnti noi ravvisiamo un ordine sapientissimo della natura, senza il quale anche i fiumi minori produrrebbono i terribili effetti degl' impetuosi e sfrenati torrenti, e mediante il quale essa qui pure, come in ogni altra cosa, ottiene il proprio intento in una maniera semplice e mirabile insieme. I monti sono la culla de' fiumi. Là essendo quasi sempre ripidissimo il loro pendio, e precipitosa la velocità che ne concepiscono, l' uno e l' altra si trovano moderati da ostacoli di ogni genere, i quali poi vanno sminuendosi in numero e in massa, e scompariscono anche del tutto, allorchè i fiumi entrano nelle pianure, dove incontrando un declivio assai mite, e pressochè nullo, abbisognano meno, e talvolta niente affatto di quegl' intoppi, i quali piuttosto servirebbero a turbarli nel corso con grave loro danno e sconcerto.

(1) Sono, a dir vero, inesatti i principii scientifici discorsi dall' autore in questo paragrafo. Si potrebbe facilmente confutarli; ma siccome l' oggetto del presente trattato è puramente pratico, così sarebbe fuor di proposito mettere in campo speculazioni teoriche. E facciamo qui solo questa avvertenza, perchè non si creda che chi li tradusse aderisca ad essi, nè ad altri, che in altri passi del testo s' incontreranno. *(Nota del Trad.)*

§. 9.

Nei monti stessi il mezzo più efficace a temperare la rapidità de' rivi e de' fiumi, consiste nella grossa mole de' sassi, che da essi vengono rotolati, e il volume de' quali è sempre proporzionale al pendio e alla conseguente forza dell' acqua. Nelle situazioni più erte hanno que' massi il peso di alcune centinaia di libbre. L' acqua spumeggiando rompe contro di essi la sua forza, e così ne viene rintuzzata la soverchia velocità. Codesti massi si riducono a minori dimensioni, secondo che la caduta e la velocità dell' acqua vanno scemando, parte perchè l' acqua non ha più il vigore per travolgerli di quella grandezza, parte perchè, soffregandosi ed urtandosi vicendevolmente nella loro corsa, si spuntano e si assottigliano, e per tal modo viene gradatamente a cessare l' asprezza dell' alveo, a misura che rendesi meno necessaria. Da ultimo, quelle ghiaie non si veggono più; il letto del fiume non si mostra d' altro coperto che di arene e di melma, nè altra resistenza presenta all' acqua, che sopra vi scorre con placido piede, di quella in fuori che proviene dall' aderenza di essa al fondo e alle sponde.

§. 10.

Le resistenze che incontra il moto dell' acqua negli alvei de' rivi e de' fiumi, riuscir debbono tanto più notabili, quanto minore è la portata di essi, ossia quanto minori sono le aree dei loro profili trasversali, o sezioni, e deggiono a poco a poco svanire, quando queste pervengono ad una certa grandezza.

L' effetto delle resistenze dell' alveo, ammessa eguale qualità della sua superficie, deve propagarsi a eguale distanza nella colonna d' acqua che sopra vi scorre, qualunque sia il volume di questa. Ciò si renderà più chiaro da un disegno. Se nelle due sezioni di differente grandezza A e B (fig. 1) noi indichiamo

colla punteggiata *c b d* il limite, fino al quale si estende nella colonna fluida l' effetto delle resistenze dell' alveo, subito si scorge che nella minor sezione ***B*** lo spazio *r*, che resta sensibilmente libero da quell' effetto, riesce di gran lunga minore (e talvolta anche s' annienta del tutto), in confronto dello spazio ***R*** della maggior sezione ***A***, che trovasi nell' indentica condizione, attesochè l' altezza *a b*, sino alla quale il fregamento dell' alveo manifesta visibilmente la propria efficienza, è grande del pari nelle due diverse sezioni. Il fiume piccolo adunque, ritenute eguali le altre circostanze, deve subire maggior ritardo nel corso, in paragone del fiume più grande, nel quale ad una colonna d'acqua più vasta è dato di poter seguire, più liberamente e con minori ostacoli, la legge di gravità. Nei fiumi reali la falda d' acqua che nelle figure rappresenta lo spazio, fin dove l' attrito del fondo e delle sponde esercita la propria azione ritardatrice, può trovarsi, colla rimanente massa fluida, esente da tale rallentamento, in un rapporto quasi insensibile, e di qui soltanto, per mio convincimento, si può render ragione come il Meno, là, p. e., dove tiene la normale larghezza di 300 piedi e una profondità di 6 piedi all' incirca, con una caduta doppia di quella del Reno presso Mannhein, pure non corra niente più veloce di quest' ultimo fiume della suddetta località, ove possiede la normale larghezza di 1000 piedi, e una profondità di oltre a 25 piedi; come i fiumi maravigliosi dell'America meridionale nei loro alvei larghi delle miglia, e più di 100 piedi profondi, benchè viaggino sopra piani assai poco inclinati, ed anche orizzontali, pure conservar possano una ragguardevole velocità, e come l' acqua di piccoli fossi con la forte inclinazione di alquante centesime parti della loro lunghezza corra sovente con minore velocità, di quella che hanno fiumi di mezzana grandezza, la cui pendenza non arriva che ad altrettante millesime parti.

I rivi ed i fiumi in vicinanza alle loro sorgenti, ove hanno il

massimo pendio, e dove per tal motivo, più che in ogni altro luogo abbisognano di essere raffrenati dalle resistenze dell'alveo, sono sempro piccioli, e l' alveo quindi ivi appunto spiegar deve sul moto della loro ancor debole massa la più grande influenza. Nel seguito del loro corso, il declivio e la velocità vanno degradando, e sempre meno si fa sentire il bisogno di que' mezzi di ritardamento. Ma in egual misura si aumenta il volume delle loro acque, e l' ampiezza delle loro sezioni, e l' efficienza dell' alveo deve diminuire nella medesima proporzione, e ridursi alla fine insensibile.

§. 11.

Per la stessa ragione anche i fiumi gonfii corrono più veloci di quando sono in istato di acque ordinarie o magre, quantunque la loro pendenza non venga ad aumentarsi per la piena; e appunto perciò puossi talvolta aumentare la velocità dei fiumi senza aumento della loro pendenza, qualora con una più regolare conformazione del loro profilo trasversale si abbrevii il perimetro del medesimo.

§. 12.

Dalle precedenti cose si potrà facilmente convincersi, che soltanto di rado, e forse mai, è dato dedurre dalla velcoità di un fiume la esatta misura della sua declività, e viceversa.

§. 13.

Diamo ora una rapida occhiata alle cause, che hanno influenza sopra la velocità dei fiumi. Queste sono :

1.° La pendenza o caduta del fiume.

2.° Il perimetro della sua sezione, o piuttosto il rapporto del perimetro bagnato dalla sezione, all' area della medesima (§. 10).

3.° La qualità dell' alveo, ossia le più o meno notabili disuguaglianze di esso (§§. 4, 5 e 9).

4.° La direzione del fiume. Qui dev' essere messa in conto anche la configurazione delle sponde, ovvero la regolarità o irregolarità delle stesse (§. 6).

§. 14.

Solamente la prima di queste cause, e l' effetto che ne conseguita, può esattamente esprimersi in numeri. La velocità di due fiumi di differente caduta, astrazione fatta da tutte le altre cagioni, che qui hanno efficienza, è proporzionale alle radici quadrate di queste cadute medesime. Chiamando V e v la velocità di questi fiumi, C e c le loro cadute, avremo

$$V : v :: \sqrt{C} : \sqrt{c}.$$

§. 15.

Il rapporto del perimetro della sezione di un fiume all' area di questa stessa sezione non può mai essere esattamente indicato, attesochè la configurazione di quest' ultima varia pressochè sempre da un punto all' altro dell' alveo. Se poi essa fosse da per tutto sensibilmente uniforme, come vedesi nei canali regolari e nelle doccie, l' effetto della figura della sezione dovrebbe venire determinato per mezzo del quoziente, che ottiensi, dividendo il quadrato della sua superficie per il perimetro coperto dall' acqua. Ma poichè nei fiumi queste due quantità non possono mai aversi con esattezza, e poichè mediante la regolar forma della sezione cresce l' altezza della medesima, non si può scegliere, che questa, ossia la profondità del fiume, onde calcolare, almeno con avvicinamento l' effetto dalla figura delle sezioni. Codesto effetto quindi, poste pari tutte le altre circostanze, è all' incirca proporzionale alle radici quadrate delle

profondità. In conseguenza, le velocità di due fiumi di differente caduta e profondità, nello stato normale sarebbero tra loro come le radici quadre dei prodotti, che nascono moltiplicando le cadute per le profondità rispettive ; si avrebbe dunque

$$V : v : : \sqrt{C. P.} : \sqrt{c. p}$$

P e p essendo le profondità o altezze vive del fiume.

Le due ultime cause della velocità naturalmente non possono mai ridursi a numeri, e dobbiamo accontentarci di sapere che la loro efficienza è notabile, e che talvolta può rendersi prevalente.

§. 16.

Le varie circostanze che impediscono il libero movimento del fiume, non gli permettono di avere la stessa velocità in ogni parte della sua larghezza e profondità. Deve la velocità esser più grande lontano dalle ripe, di quello che vicino alle medesime. Non può esser massima alla superficie, perchè vi è ritardata dal contatto dell' aria, e molto meno nel fondo, perchè egli è là dove incontra maggiori resistenze. Non può esserlo che in quel luogo della sezione, ove le cause ritardatrici trovansi il più che sia possibile rimote, ed ove per conseguente spiegano il minimo effetto. Avendo riguardo a quelle circostanze, e dopo qualche riflessione, si comprenderà facilmente, che la massima velocità deve rintracciarsi a distanza non grande dalla superficie, e precisamente nella linea dove l' alveo è più profondo, vale a dire, nel solco della corrente (§. 27); il che, tranne alcuni pochi casi, anche dall' esperienza viene confermato.

§. 17.

I grandi effetti, e le rivoluzioni, che hanno luogo nei fiumi, e che l' idraulico deve a preferenza cercare di dominare si verificano nella *corrente*. Chiamasi con tal nome lo spazio, nel quale

il fiume muove la massa delle sue acque, e del quale appunto abbisogna per il trasporto delle medesime. I suoi limiti sono la superficie del fiume, il letto e le sponde, benchè le ultime non sieno da considerarsi quali veri limiti della corrente, se non che nel loro stato regolare, come più sotto (§. 20 e §. 25.) verrà particolarmente spiegato. Andiamo ora a esaminare in singolar modo la corrente, e quanto ha con essa rapporto.

§. 18.

La pendenza della suprema superficie del fiume nella direzione del suo corso, chiamasi d' ordinario più brevemente *la cadente del fiume*, e vuol essere essenzialmente distinta dalla pendenza del fondo (§. 26). Suolsi per lo più rapportarla alla lunghezza di 1000 piedi, dicendosi, p. e., sopra 1000 piedi di lunghezza il fiume ha una cadente di 27 pollici. Per brevità, ometterò sempre in quest' opera la lunghezza di 1000 piedi, e dirò, p. e., il fiume ha una cadente di pollici 27.

§. 19.

Si potrebbe credere, che la superficie del fiume fosse orizzontale nella direzione perpendicolare all' asse del suo corso. Ma non sempre si verifica questo caso. D' ordinario la linea che nella sezione del fiume rappresenta la sua superficie, scorgesi rilevata nel sito, dove la velocità è massima. Nei fiumi molto ampii può questo rialzo importare alcuni pollici. Nelle svolte trovasi quasi sempre presso la sponda rientrante, avendo ivi luogo la massima velocità. Tale osservazione non reca veramente certo grande vantaggio alla pratica, ma riesce importante per la cognizione della natura dei fiumi.

§. 20.

Le sponde sono i limiti laterali della corrente. Ove poi ac-

cada che siano queste irregolarmente formate, allora non si può assolutamente considerarle come il vero limite della medesima, attesochè viene questo stabilito dalla linea, che si conduce lungo quelle parti sporgenti delle ripe, per le quali il fiume trascorre senza danneggiarle, e senza formarvi innanzi ammucchiamenti di materie. Gli andamenti delle ripe, che restano addietro di queste linee, possono bensì riguardarsi come limiti visibili del fiume, non però mai come i limiti del suo corso; mentre quelle porzioni di sponda posteriori racchiudono col limite reale della corrente uno spazio, del quale il fiume non ha punto bisogno per il trasporto della sua massa, e per conseguenza superfluo, e il quale appunto perciò contiene più o meno acqua stagnante, o scorrente a ritroso.

Nella figura terza, p. e., le linee *abc* e *def* sono i limiti attuali della corrente, ma non le linee sinuose *agbi* e *dhekf*, attesochè il fiume per tradurre innanzi la massa delle sue acque non abbisogna degli spazii, che sono inchiusi dalle linee *ab* e *agb*, e dalle linee *de* e *dhe*, e sono quindi inutili.

§. 21.

Alla superficie del fiume s' incontra sempre una velocità varia in modo sensibile, e si può in ciascuna linea normale all' asse del corso trovare il luogo, ovvero il punto, ove la velocità è massima. S' immagini tirata una linea per tutti questi punti al lungo del corso, o venga essa effettivamente segnata sulla mappa del fiume, e la linea che ne risulta chiamasi il *filone* della corrente. Il filone adunque è quella linea in cui ha luogo la massima velocità superficiale del fiume. Questa linea può talvolta dividersi in due o più rami, come vedremo in appresso (§. 27).

§. 22.

I veri limiti laterali della corrente ci portano alla *larghezza*

normale del fiume, cioè a quella larghezza, che rendesi appunto necessaria al fiume per poter trasportare il volume delle sue acque, senza recare guasto alle sponde, e senza farvi deposizioni di materie (eccettuate le piene, nelle quali sormonta le sponde). Quindi nelle misurazioni idrometriche la normale larghezza non può essere assunta se non che in quelle località, dove attesa la discreta profondità, con sponde illese mostra il fiume di aversela stabilita, ed ivi appunto le sue visibili reali sponde coincidono coi veri limiti laterali della corrente ; e questi sono anche sempre i limiti della normale larghezza.

Si potrebbe altresì prendere la larghezza normale della straripante fiumana nelle piene massime conosciute. Il suo rilievo, e l' accurato riguardo di essa, sono oggetti della maggiore importanza, particolarmente nella costruzione degli argini, ove appunto ripiglieremo più ampiamente la trattazione loro.

§. 23.

Quando la corrente devia notabilmente dalla linea retta, si forma una *svolta*, e se tale svolta prende una doppia curvatura simile a una *S*, formasi allora un *serpentino.* Ambe le ripe di un gomito o svolta si distinguono in pratica con ispeciali vocaboli appropriati alla loro giacitura, chiamandosi *rientrante* quella, che ha la sua concavità rivolta al fiume, e *saliente* l' altra, che presenta al fiume la sua faccia convessa.

§. 24.

Nelle vaste pianure, le svolte si dilaterebbero sino ai loro confini, e porterebbono ovunque la desolazione e la strage, se la natura stessa non avesse in certo modo un limite a siffatta rovinosa tendenza delle rivolte de' fiumi. Ogni pianura che viene attraversata da un fiume, possedendo una inclinazione nella direzion del suo corso, le sponde concave non sono in ogni punto

assalite con eguale energia, ma di più nelle loro parti inferiori. Per questa ragione ogni svolta, ove sia lasciata libera a secondare la sua naturale tendenza, inclina piuttosto ad allungarsi, di quello che a distendersi lateralmente, e le sue invasioni restano sempre circoscritte entro a uno spazio, che viene a un dipresso limitato da due linee (*tt* e *zz* fig. 22), le quali possono andare riguardate siccome tangenti alle curvature del fiume (1).

§. 25.

Il limite inferiore della corrente viene formato dal letto del fiume. Anche quì deve ammettersi quella distinzione medesima, che occorse di fare, tra gli apparenti limiti laterali, e l' effettive sponde della corrente (§ 20). Quindi la linea reale, che indica il profilo longitudinale dell' alveo, ossia la linea serpeggiante *a b c d e f g h i* nella quarta figura, non può essere considerata come il vero limite inferiore della corrente, essendo questo determinato da quella soltanto, che si conduce per i punti rialzati del fondo, vale a dire, dalla linea diritta *a c e g i*. L' effettive linee del profilo longitudinale cadenti sotto quella retta non appartengono al vero limite inferiore della corrente, per la stessa ragione che le sponde, che divergono indietro dai veri limiti laterali, non possono per tali andare considerate.

§. 26.

La pendenza di codesto limite inferiore della corrente, costituisce la pendenza, o *caduta* dell' alveo, la quale perciò non vuol essere confusa colla pendenza o cadente del fiume (§. 18).

(1) Le corrosioni de' fiumi, arrivate che siano a formarsi la curvità richiesta dalla combinazione delle cause, e delle circostanze, non crescono di più, e sono lasciate dal corso dell' acqua intatte le ripe, come se fossero parallele fra di loro e alle direzioni del fiume. Su questa ragione s' appoggia la nostra pratica di ripararsi dalle corrosioni col ritirare addietro le arginature. *(Nota del Trad.)*

§. 27.

Si cerca sempre la caduta dell' alveo o del letto del fiume in quella linea, lungo la quale si va ha stabilire la massima profondità della corrente. Questa linea vuole denominarsi il *solco della corrente.* In una corrente regolare diritta trovasi sempre nel mezzo di essa. Nelle svolte declina quasi senza eccezione verso la sponda concava, e spesso si mette così vicino al suo piede, che lo scava a poco a poco, finchè la porta a slamare. Per lo più sopra il solco della corrente ha luogo ancora la massima velocità. In questo caso il solco collima col filone, dalla cui direzione non diverge, se non quando la tenacità del fondo è valida a impedire di escavarsi alla maggior possibile profondità nella direzione della sua massima velocità. Dove il fiume si espande oltre alla sua normale larghezza, e forma per questa causa bassi fondi, renai ed isole, il solco della corrente dividesi spesso, e con esso il filone, in due o più rami.

§. 28.

Nelle località, dove il fiume ha la sua normale larghezza, e il solco della corrente giace nel bel mezzo di essa, o almeno non discosto gran fatto da questo, incontrasi anche una regolare e uniforme profondità, la *profondità normale:* al contrario, ne' siti, ove il fiume si allarga oltre la sua normale ampiezza, trovasi un fondo rialzato, e una sminuita profondità. Tirando per i punti dell' alveo, ov' esiste la profondità normale, una retta, alla quale riesce allora parallela la linea, che indica la pendenza superficiale, o cadente, del fiume; ottiensi a mezzo di queste due linee il *profilo longitudinale normale* del fiume, che per lo più anche da sè stesso si forma, tosto che venga assegnata al fiume la sua normale larghezza, attesochè in breve allora egli escaverà le basse spiaggie, la formazione delle quali venne promossa dalla troppo

grande larghezza, e riempirà i gorghi e gli altri cavi unicamente occasionati dall' irregolare suo stato.

§. 29.

Il profilo trasversale del fiume ne' luoghi, ove possiede la sua normale larghezza, e la sua profondità normale, il solco della corrente insiste nel mezzo, le sponde sono munite di una durevole scarpa, e il letto va da ambe le ripe gradatamente inclinandosi verso il solco della corrente, può essere chiamato il profilo trasversale normale, e più brevemente la *sezione normale* del fiume.

§. 30.

Ove la corrente è affatto regolare, e niente disturba il fiume dal prendere quella velocità, che gli è propria, dipendentemente dalla sua caduta e dalla sua condizione generale, ivi può aversi questa per la *velocità normale*. Sta nella natura della cosa, che questa sia diversa, secondo lo stato d' acqua più alto o più basso, e che, qualora accada di menzionarla, si debba al tempo stesso indicare l' altezza dell' acqua, in cui ha luogo. Ordinariamente si sceglie a tal fine lo stato delle acque mezzane, più di rado o con minor convenienza quello di massima magra.

§. 31.

Essendo irregolare la caduta del fondo, irregolare è pure la cadente della superficie del fiume, e per conseguenza anche la velocità; la quale da ciò viene in complesso diminuita; mentre in un tronco fluviale non può esser massima, che quando dall'uno all' altro termine del profilo longitudinale del medesimo la cadente sì del pelo come del letto forma una linea retta, o con altre parole, quando la pendenza di entrambi sopra la total lunghezza del tronco trovasi in misura uniforme distribuita: verità che si

può matematicamente dimostrare, ma che qui, in conformità allo scopo di questo trattato, viene assunta per dimostrata, e la cui applicazione, come vedremo nel seguito, è sommamente importante e feconda per l'asciugamento delle paludi. Nei grandi fiumi non è veramente in nostro immediato potere l'uniforme distribuzione della pendenza. Ma si è già veduto a qual alto segno una uniforme profondità dipenda dalla conservazione o dallo stabilimento della normale larghezza. Per lo più ne conseguirà almeno una quasi uniforme pendenza, e così la larghezza normale verrà mediatamente a promuovere anche la massima velocità; un nuovo argomento per giudicare della sua importanza.

§. 32.

Lo stato normale d'un fiume, ovvero il suo possibile perfezionamento, è, come abbiamo veduto, in massima parte condizionato alla normale larghezza. Solo que' deviamenti, che pur talvolta occorrono, ma possibilmente piccoli e innocui, dal corso diritto, sono indipendenti da essa. Ciò adunque che l'idraulico deve cercar di antivenire, o d'allontanare, egli è la mancanza di queste due qualità, cioè l'ineguale larghezza e le tortuosità, ed è quindi importante che se ne descrivano più davvicino le conseguenze.

§. 33.

Una corrente tortuosissima, e la deviazione del solco e del filone dal mezzo di essa, sono quasi sempre compagne indivisibili. In una considerabile svolta s'accollano entrambi alla sponda, e la inducono a franare. Questa rovina cresce con una rapidità sorprendente e niuna spesa è più valida a mettere al male un efficace riparo. La rivolta di continuo si accresce, indebolisce la velocità del fiume, ed aumenta in tal guisa e rigonfia il corpo delle piene. Il loro effetto poi più nocevole e più funesto sono

gl' ingorghi o insaccamenti di ghiaccio, che tanto spesso succedono in esse, e che, barricando tutto il fiume con un argine glaciale, lo spingono poi a cagionare le più deplorabili e spaventose ruine. Le dolci rivolte sono del resto affatto consentanee alla natura di un fiume, e nella maggior parte dei casi ne verrebbe più danno che utilità dal sopprimerle interamente. Nella sesta sezione torneremo su questo argomento.

§. 34.

La massima parte poi dei disordini de' fiumi deriva dalla mancanza della normale larghezza. Dilatandosi il fiume oltre i limiti di essa (ed è questo il caso ordinario), perde della sua profondità, mentre il prodotto di questa, per la larghezza, forma l' area della sezione, e necessariamente, ove uno dei due fattori diventa più grande, l' altro deve diventare più piccolo. A misura che il fiume cresce in larghezza e cala in profondità, perde in proporzione la forza di spingere innanzi le ghiaie e le arene del suo letto. Le lascia cadere al fondo ; il letto si alza continuamente, perde di caduta e di velocità (che viene altresì diminuita per l' aderenza dell' acqua all' aumentata superficie dell' alveo divenuto più ampio), genera bassi fondi, renai, isole, corrosioni e scoscendimenti di sponde ; converte in paludi le adiacenti pianure, e trascorre in aggiramenti, dopo di avervi seminato il guasto e la strage, e, se è navigabile, perde a poco a poco la sua navigabilità ; conseguenze tutte della perdita della normale larghezza, che è senza contrasto la causa del maggior numero dei danneggiamenti che vengono dai fiumi inferiti.

§. 35.

Una troppo angusta larghezza del fiume (uno stretto) è veramente del pari nocevole, ma in grado molto minore di una larghezza troppo ampia, e propriamente per l' unica ragione

che si presenta molto più di rado. La natura anche qui cerca il più delle volte di allontanare il male istesso. Ella aumenta d'ordinario l'altezza del fiume fino al segno, in cui venga a stabilirsi l'occorrente area della sezione, ora coll'immediata escavazione del fondo, con che lo stretto rendesi innocuo allo stato ordinario dell'acqua, ed ora coll'innalzamento del pelo d'acqua, ossia col rigurgito, quando il fondo resiste all'escavazione. In questo caso si genera nello stretto una maggior cadente del fiume, e da questa un accrescimento della velocità. Il fiume in tali siti ha bisogno appunto di minore profondità per la circostanza che un'area più piccola della sua sezione è ivi in istato di scaricare una colonna d'acqua altrettanto grande (1). In conseguenza, gli stretti de' fiumi nello stato ordinario dell'acque sono raramente di qualche scapito, e per lo più di nessuno affatto, ma nelle piene possono bene diventare dannosi. Cagionano allora gli straripamenti, e alcuna volta le tanto pericolose e distruttive replezioni glacciali.

§. 36.

I fiumi sono quasi sempre, in parte almeno, nell'atto di crescere e calare. Se in un fiume, ovvero in un tronco di esso, non ha luogo alcuna di tali vicende, questo fiume o questo tronco si trova in *istato di permanenza,* e allora passa altresì per ogni sezione del medesimo la stessa quantità d'acqua, astraendo da quella ricevuta dai confluenti lungo il suo corso. Questo stato, e la maniera onde succede, abbisogna di una più esatta spiegazione. Una piena si propaga più o meno lentamente nelle parti

(1) Per ispiegarsi come ciò avvenga, basta riflettere alla proprietà costante dell'acqua corrente di cangiar di corpo in ragione inversa della velocità, cosicchè sempre si abbassa e si attenua, dove cresce la velocità, e si alza ed ingrandisce, dove la velocità si minora. *(Nota del Trad.)*

inferiori del fiume. Si può paragonarla ad un cavallone lungo parecchie miglia. Può succedere un nuovo simile cavallone, avanti che il primo sia del tutto scomparso. Se una piena non è da tanto tempo sopravvenuta, che di tal cavallone non rimanga più traccia o nel fiume, o in una considerabile parte di esso, allora il fiume, o questa sua parte, è nello stato di permanenza. Egli è chiaro che questo stato del fiume non possa aver luogo, se non che dopo una stagione costantemente asciutta, e che debba sussistere durante la massima magra. Solamente da questa, o da una lunga precedente siccità, o nell' inverno, quando la neve ed il freddo non permettono al fiume alcun accrescimento, si può con certezza conchiudere sull'esistenza dello stato di permanenza, mentre il processo di osservare e paragonare la quantità d' acqua che passa per diverse sezioni del fiume, per indi dedurre se lo stato di permanenza vi abbia o no posto il piede, è manifestamente congiunto a difficoltà insuperabili.

§. 37.

Le materie, che il fiume trae seco, e quelle di cui si compone il suo letto, sono di vitale influenza sopra la sua indole e sopra li suoi effetti, come ancora sul mantenimento e sulla bonificazione del paese che lo circonda. La tenacità o cedevolezza del terreno, per il quale il fiume decorre, deve naturalmente determinare la forma delle sue sponde, e render difficile o facilitare la sua escavazione. Se lungo il corso del fiume i passaggi da una all' altra qualità del fondo sono notabili e rapidi, verranno essi a promuovere anche una disuniformità nella pendenza del letto, nella direzione delle sponde, e quindi nella larghezza del fiume, e gradatamente il disordine di esso, e tutte le conseguenze che vi sono inerenti.

Le materie che il fiume trasporta, e perciò appunto chiamate *materie fluviatili*, costituiscono un oggetto degnissimo di rimarco

non solamente per l' idraulico, ma per ogni attento osservatore della natura. Per il primo non sono d' ordinario importanti che in riguardo all' influenza che hanno sopra le sue operazioni. I ciotti voluminosi, che hanno sovente il peso di centinaia di libbre, rendono i lavori fluviali o affatto inseguibili, o, quando la loro mole siasi diminuita a segno, che un manufatto possa resistere ai loro insulti, esigono che sia questo di una struttura totalmente diversa da quella che dimandano le minute ghiaie e le sabbie, che coprono il letto dei fiumi maggiori. La natura delle materie fluviatili è di grande influenza sulla formazione delle alluvioni, sul modo di effettuarle e farle progredire, e sulla loro utilizzazione, allorchè sono formate. Niente meno importante è la quantità delle medesime. I fiumi, che seco ne trascinano in grande copia, cangiano il loro letto molto più di frequente, e fanno sorgere le alluvioni entro breve spazio di tempo, nel mentre altri fiumi, che corrono in acque pochissimo torbide, o chiare affatto, conservano più uniformemente il loro corso, e solo con estrema lentezza, o quasi mai, interriscono. È questa per l' idraulico una circostanza di gravissimo peso, che non vuol essere mai dimenticata ne' suoi progetti. Abbiamo già veduto quanto il progressivo cammino delle materie fluviatili e le alterazioni che subiscono per via siano degni di fermare l'attenzione del naturalista filosofo. Anche dopo che si perdettero nel mare, sono i loro effetti della più grande importanza. L' idraulico non ha che troppo spesso da combattere, all' oggetto di mantenere aperte alla navigazione le foci dei fiumi, e d' impedire che vengano ostruite dalle sabbie e dalle fanghiglie le vasche dei porti fluviali. Il naturalista le vede con ammirazione sorgere nuovamente dal mare, e formare ubertosi continenti. Così venne creato in Egitto il fertile Delta, che si va tuttavia sempre dilatando; così il fiume Giallo della China produce annualmente un tratto considerabile di nuovo paese, dopo che già una ragguardevole parte

di quell' impero riconosce da esso la sua esistenza; così a grado a grado una vasta porzione d' Olanda, benchè anche coi soccorsi dell' arte, emerse dalla superficie del mare, e così alle foci di quasi tutti i fiumi si alza dal medesimo sempre nuovo paese. Noi ravvisiamo in piccolo questo identico effetto agli sbocchi dei rivi e fiumi che si scaricano in laghi, e gl' interriscono a poco a poco, ovvero gli hanno già realmente interriti.

§. 38.

L' escrescenze e le decrescenze dei fiumi sono accompagnate da alcuni fenomeni degni di nota. Quando nelle parti superiori di un fiume, per causa di qualche improvviso acquazzone, o di lunghe e stemperate pioggie, è sopravvenuta una piena, questa non si propaga nelle parti inferiori, salvo che con altezza assai diminuita, talvolta niente affatto, e sempre molto più lentamente, di quel che sarebbe d' aspettarsi dalla reale velocità del fiume. Questi fenomeni non si lasciano sempre spiegare per mezzo dell' evaporazione, o per mezzo della graduata distribuzione dell' acqua sulla lunghezza del fiume, ma bensì mediante il suo trapelamento nei contigui strati di sabbia o di ghiaia, che d' ordinario si estendono a qualche distanza dalle ripe sotto il suolo fruttifero. L' acqua delle fontane di questi dintorni, che sale e si abbassa col fiume, mostra evidentemente la loro comunicazione con esso. Una gran parte della massa d' acqua recapitata nel fiume, e producente il di lui gonfiamento, s' insinua, durante il proprio viaggio, sotto la superficie degli adiacenti terreni, e vi si perde; dal che poi una mezzana escrescenza, o non giunge ai tronchi inferiori, o scemata di molto, e sempre con lentezza. Le piene straordinarie fanno qui naturalmente una eccezione.

§. 39.

Quando un fiume rinchiuso fra argini sormonta le sponde, e la sua superficie si alza notabilmente sull' orizzonte dei piani giacenti alle spalle degli argini, l' acqua non comincia spesso a scaturirvi, se non allora che il fiume è già nell' atto di calare, laddove ciò sarebbe d' aspettarsi più presto nel colmo della piena. Anche le fontane, che trovansi nelle vicinanze dei fiumi, non cominciano molte volte a salire che nel declinare della piena. Questo fenomeno si affaccia d' ordinario solamente in quei fiumi che hanno il letto coperto di sottilissime arene, per le quali l' acqua non penetra che lentamente. Prima che l' acqua del fiume possa penetrare al segno, da scaturire alla superficie del terreno di qua e di là degli argini, il fiume ha già raggiunta un' altezza, il peso della quale basta a tenere compressa la massa sabbiosa dell' alveo in modo, da non permettere all' acqua un ulteriore trapelamento: ed è necessario l' indebolimento di questa pressione nato dal calare del fiume per aprire di nuovo quel passaggio, onde poi l' acqua penetrata nel terreno può continuare il suo cammino, e comparire alla superficie del suolo. È questa, a mio credere, la più naturale spiegazione di questo fenomeno, ma ne adotterei volentieri una migliore e più soddisfacente, se mai venisse data.

§. 40.

Noi scorgiamo nei fiumi un altro fenomeno, il quale, benchè resti senza interesse per le opere fluviali, pure troppo benefiche ne sono le conseguenze, perchè qui, ove si tratta della natura dei fiumi, non possa cadere in acconcio di farne menzione. Quale enorme quantità d' immondizie non perviene ai fiumi, massime nei paesi molto popolati, e, ciò non ostante, le loro acque restano sempre pure e sane! Anche a breve distanza da grandi popolose

città non ci vien dato d' accorgersi dell' immensa congerie di sostanze lorde ed impure che il fiume, che le attraversa, è costretto di accogliere nel proprio seno. Di quali mezzi mai si serve la natura per operare codesta purificazione?

Il mezzo più efficiente consiste senza dubbio nell' organica forza degli animali e dei vegetabili. Le acque sono popolate da un numero indefinito di pesci, anfibii, vermi ed insetti, parte dei quali immediatamente si alimentano di quelle materie, parte mediatamente, in quanto che si cibano di quegli animali che da esse appunto conoscono la propria esistenza. Le piante sono qui verosimilmente più attive ancora degli animali. La maggior parte dei vegetabili che vivono sott' acqua hanno rami sottili, e foglie ritagliate per ogni verso. Moltissime piante, che hanno l' estremità inferiore immersa nell' acqua, e che vi stanno eminenti colla lor cima, tengono sotto l' acqua delle foglie fatte a pennello, quand' anche quelle che trovansi fuori dell' acqua non abbiano incisioni di sorta. Per mezzo di queste moltiplicate superficie si rendono le piante più atte a sceverare dall' acqua le immonde molecole di materia, che ad esse primieramente si attaccano per semplice meccanico impulso, e poi a poco a poco vengono nel loro interno ricevute, ed in sostanza organica tramutate. Quanto poi le piante siano a tal effetto principalmente adattate, lo si può scorgere nella irrigazione artificiale dei prati. Sia comunque impura l' acqua, che sopra vi viene condotta, nullaciostante nel prossimo canale di scarico comparirà la stessa perfettamente limpida e chiara. Oltre a ciò, le acquatiche, come la maggior parte delle altre piante, crescono in massa, quanto più havvi di materie, d' immondizie che le nutriscano.

Le materie poi non suscettibili dell' indicata assimilazione possono scendere al fondo dei fiumi, o vengono dagli stessi esportate; queste però sono appunto quelle che per qualità e quantità rendono il meno immonde le acque correnti.

Aggiunta alla Sezione I.

Qui troviamo opportuno di aggiungere alcune definizioni appartenenti ai fiumi, e non avvisate nel testo, affine di evitare in avvenire il bisogno di perifrasi, e di potere in poche parole spiegare ciò che sarà per occorrere.

La cavità, entro la quale le acque d' un fiume esercitano il loro moto, dal principio superiore sino al fine del corso, si chiama *alveo*, *letto* o *canale*. La parte inferiore dell' alveo, cioè quella che è premuta dal peso dell' acqua, si chiama il *fondo*, e le parti laterali, le quali contengono l' acqua ristretta e sollevata di superficie, a qualche altezza, si chiamano *sponde*.

La varia disposizione delle sponde porta ad esse una diversa denominazione. *Piarda* dicesi la sponda, quando la parte di essa verso il fiume è perpendicolare all' orizzonte, o vi si accosta. *Riva* o *ripa* dicesi quella parte di sponda che con mediocre pendenza va a posarsi sul fondo del fiume. *Spiaggia* chiamasi quella parte della pendenza della riva che è interposta tra l' acqua e il piè della sponda. I dossi distaccati dalle ripe, e come in isola entro il letto del fiume, e che vengono coperti in acque abbondanti, sono chiamati *greti*, *renai*, ed anche *capezzali*.

Alluvione si dice la spiaggia, quando è cresciuta fino a formare nuova sponda al fiume. Intendesi per essa ordinariamente l'interrimento che fa il fiume nella parte opposta d'una corrosione.

Botte sono le ripe, alle quali, nella parte concava della curvità che fa il fiume, si accosta più che altrove il filone (§. 21).

Corrosioni, o *botte corrose*, o *rose*, o *lunate* sono le botte, quando non resistono, e il fiume corrode in esse. *Lunate* sono più propriamente alcune slamature di terreno in forma di arco, o di luna crescente, che si formano nella curvità stessa delle corrosioni.

Fiume perenne è quello, che non resta mai asciutto di fondo; *fiume temporario* quello che resta talvolta asciutto.

Torrente è un fiume temporaneo, che porta l' acque sole delle pioggie e delle nevi disciolte. Cresce e scema quasi all' improvviso, e manda acqua a misura della durata e della copia delle pioggie o dello squagliamento delle nevi.

Fiume in ghiaia è quello che mena ghiaia, ed ha fondo ghiaroso.

Fiume in sabbia è quello che porta rena, ed ha fondo arenoso.

Fiume paludoso è quello che ha palude per fondo.

Fiume incassato è un fiume senz' argini, le cui piene non sormontano i piani delle vicine campagne.

Fiume arginato è quello che contiene le sue escrescenze entro gli argini, di cui è munito.

Fiume inondante è quello che, privo d' argini, sormonta, e inonda le campagne nelle piene.

Gomito di fiume è l' angolo che fa un fiume, declinando dalla retta del suo corso : dicesi anche *risvolta*.

Sbocco o *bocca* del fiume è l' apertura, con cui i fiumi sboccano in laghi o in altri fiumi.

Foce è lo sbocco propriamente de' fiumi in mare.

Braccia o *rami* di fiume sono gli alvei, ne' quali talvolta un fiume viene diviso (§. 27). Se per tal divisione moltiplicata si perda l' alveo, allora ciascuno dei detti rami piccioli, che sregolatamente si formano, chiamasi *riazzo*, o *rivazzo*, o *rivolo*, secondo che è maggiore o minore ; e l' angolo fatto da due braccia di fiume, in sul dividersi, dicesi *divaricazione* o *bivio*.

Isola è il terreno racchiuso fra due braccia del fiume medesimo, le quali dappoi tornino ad unirsi in un alveo solo. Se il piano superiore di essa sarà tant' alto, che sopravanzi le piene maggiori, allora si dice propriamente *isola fluviale*, a differenza delle marittime ; ma se non sarà tant' alto, dicesi più propriamente *mezzana* o *bonello*, e ciò particolarmente s' egli è for-

mato dalle alluvioni del fiume : che se le braccia o rami del fiume, dopo la divaricazione, non si uniscano più, ma portino le loro acque separatamente al mare, in tal caso il terreno di mezzo si chiama *polesine.*

Ancona o *lanca* è un canale non tanto basso del fiume, che in acque alte riceve e tramanda acqua, e in acque basse resta asciutto.

I fondi si distinguono in vivi o morti : *fondo vivo* è quello che avrebbe il fiume, se l'acqua corresse uniformemente in tutte le sue parti ; il *fondo morto* poi è di due sorti, cioè o più basso del fondo vivo, e si chiama *gorgo*, ovvero più alto, e se è laterale al filone, si chiama *spiaggia*, atteso che questo nome è comune alle ripe e al fondo, come che partecipa e dell' uno e delle altre ; ma se occupa tutto il fiume da una ripa all' altra, si nomina *dosso* o *secca.* Perciò *morta di fiume* si dice quell' alveo che resta, quando il fiume si muta di letto, o a caso, ovvero per arte, quand' anche l' acqua vi corra, purchè altrove sia divertito il di lui corso principale, e *mortizza*, quando lascia di corrervi l' acqua in maniera che il fondo resti fangoso o pantanoso ; chiamasi anche *fiume morto* un alveo abbandonato dall' acqua corrente, sia esso ridotto, o no, a coltura, oppure incapace di esserlo.

Diconsi *retratti* le bonificazioni d' un sito basso soggetto all' acqua, ridotto a non essere esposto alle inondazioni, e a potersi coltivare coll' aratro, o a prato, o a pascolo.

Per non tessere un catalogo troppo lungo, riserviamo la spiegazione di altri termini proprii de' fiumi ne' luoghi ove occorreranno.

SEZIONE SECONDA.

DELLE MISURAZIONI IDROMETRICHE.

§. 1.

Prima che io scorga i miei lettori ai mezzi di correggere i fiumi, e ai singoli lavori a tale oggetto occorrenti, m' incombe di far loro conoscere le prime indispensabili operazioni preparatorie, le misurazioni idrometriche, e le ricerche, senza le quali non è mai dato di poter progettare ed eseguire opera alcuna convenevolmente e con sicurezza dell' esito. Queste consistono nel rilievo delle carte o mappe fluviali; nelle indagini sulle proprietà de' fiumi, principalmente della loro caduta e della loro velocità; nell' osservazione dei fenomeni e delle alterazioni che gli accompagnano, e che sono di tanta influenza sui loro effetti, e sui mezzi che dobbiamo impiegare onde renderli utili ovvero innocenti.

§. 2.

La prima e la più necessaria operazione è il rilievo geometrico della mappa fluviale, quand' anche venga ad abbracciare quella sola porzione del fiume che si vuol correggere, o nella quale s' intende ad eseguire qualche lavoro. Essa deve fedelmente rappresentare non solo la figura del fiume, ma quella ben anco de' suoi dintorni, sin dove vengono invasi dalle massime piene, o, con altre parole, sin dove arriva la sezione dell' inondazione. Nell' atto di fare questa mappa si deve portare la massima attenzione su tutti gli oggetti, sì naturali che artificiali, che sono essenzialmente legati colle proprietà e cogli effetti del fiume : come alluvioni, renai, isole, dossi, corrosioni, morte di fiume, manufatti o rovine di essi, argini, chiaviche

Sul tipo si deve altresì indicare il solco della corrente, ed il filone, con le rispettive altezze d'acqua, e queste ne' luoghi principalmente ove l'intento richiede che si conoscano, e che si abbia a prestarvi riguardo.

§. 3.

I lineamenti delle sponde in molti siti, il contorno dei renai e delle isole, le profondità, e simili altre cose, variano a seconda delle altezze del fiume. Devono quindi andare indicati sul piano per uno stato d'acqua determinato costante. Si elegge a tal fine quello che suole più ordinariamente aver luogo, vale a dire il medio (le acque mezzane). Naturalmente non si può ogni volta fare il rilievo del piano in questo preciso stato del fiume. È mestiere adunque, allorchè accada di rilevare, in uno stato d'acqua diverso, di ricondurre a quello le misure, vale a dire, delineare le sponde, le isole, i renai, le cavità e simili cose, come appunto sarebbono nelle acque mediocri, e generalmente nel pelo d'acqua prefisso. Ciò presuppone l'esistenza degl'idrometri, ne' quali, durante il travaglio del rilievo di una mappa, devono andare giornalmente osservate le altezze del fiume.

§. 4.

Non sempre basta di rappresentare esattamente il fiume sulla mappa, come apparisce ne' rilievi. Si deve in pari tempo, per quanto è possibile, avere in considerazione lo stato suo primitivo. Vestigii rimasti, notizie di vecchi abitanti, documenti, antiche carte idrografiche, e simili altre cose, prestar possono più o meno esatte indicazioni dello stato originario del fiume, e dei cangiamenti che vi sono poscia avvenuti. Si deve attingere il maggior lume possibile a queste ausiliarie fonti, ma per altro con la debita circospezione, onde non cadere in abbaglio, e segnarne i risultamenti sul piano, in quanto tornar possono utili ed opportuni all'intento.

§. 5.

Sono autorizzato a supporre che quelli de' miei lettori, i quali si vogliono incaricare del rilievo delle carte idrografiche, posseggano già la teoria e la pratica che si esigono pelle rilevazioni geometriche di ogni specie. Sta per altro nello scopo di questo libro di rappresentare minutamente tutte quelle ricerche che esclusivamente per tali carte, ed in generale per la fluviale architettura, si rendono necessarie. Tali sono principalmente le misurazioni delle altezze d' acqua e delle velocità.

§. 6.

La *misura delle altezze d' acqua*, o scandaglio delle profondità dell' alveo, viene molto convenientemente intrapresa col mezzo d' aste, che hanno una lunghezza corrispondente alle profondità da scandagliarsi, e sono nell' estremità inferiore armate di una pesante scarpa di ferro, il peso della quale facilita nei rapidi fiumi l' atteggiamento verticale dell' asta. Se questa è lunga quindici piedi e più, allora alla scarpa viene applicato un anello, per poter legare al medesimo una fune, mediante la quale un uomo aiuta a tenere la stanga in direzione perpendicolare, ed a sollevarla. È bene di avere in pronto delle aste di varie lunghezze, perchè le aste ben lunghe riescono incomode nell' uso, e quindi nelle piccole profondità, ove di esse non si ha punto bisogno, si evita volontieri di adoperarle. Esse vengono dal basso all' alto divise o graduate in piedi e pollici. Nelle profondità che oltrepassano 36 piedi servesi di un piombino sferico appeso ad una fune divisa in parti, e avente il peso di 12 in 20 libbre. Per altro sol di rado accade che se ne debba far uso nei fiumi (1).

(1) Il piede bavarese è uguale a millimetri 291,86 ; è diviso in 12 pollici, il pollice in 12 linee, e la linea in 12 punti. *(Nota del Trad.)*

§. 7.

Per potere in questi scandagli determinare nella sezione il luogo dei singoli punti, ne' quali si vuol misurare la profondità, e notarlo poscia nel piano, serve una corda orizzontalmente stirata sul fiume, e divisa in tese e parti di tesa. Egli è facile, per mezzo della medesima, di determinare nella sezione la distanza dalla ripa di ogni singolo punto scandagliato, ossia la sua situazione.

Nei fiumi molto ampii, ove l' uso della corda riesce difficoltoso, si può servirsi del metodo che segue.

Tracciasi lungo la ripa mediante paline, e incominciando dal punto *A* (fig. 4), che costituisce uno degli estremi della linea *AC* normale al corso del fiume, la retta *AD* perpendicolare ad *AC*, e si divide la stessa in tante parti eguali, in quante vien divisa *AC* dipendentemente dal numero dei punti di scandaglio, già dapprima stabilito. In pari tempo si traccia la linea *BE* parallela a *AD*. Il punto *B* donde ha principio giace nel prolungamento di *AC*. Indi si portano sulla linea *AD* tutti i punti di divisione della *AC* alle identiche eguali distanze, e si fa altrettanto sulla *BE* incominciando dal punto *I*. La distanza *IB* va presa eguale alle due lunghezze unite $AB + A1$, per il che l' angolo $A11'$ diventa $= 45° = A22' = A33'$, ecc. Tutti codesti punti vengono fissati con paline verticali di altezza sufficiente. In tal modo ciascuna linea tirata per le paia di punti *I*1′, *II*2′, *III*3′, ecc. verrà, nel suo prolungamento, ad intersecare la linea *AC* nel punto divisato per la misurazione. Frattanto si percorre sopra un battello la linea *AC*, nella cui direzione si può mantenersi collimando ai due punti *A* e *B*, e tosto che si giugne ne' siti, ove le paline *V*5′, *IV*4′, ecc., si coprono, ivi si scandaglia la profondità. È bene inteso che nell' impiego di questo metodo la ripa non deve essere alta in maniera che non si possano più vedere le paline lontane.

Mercè il distanzometro (1) inventato dal direttore de Reichenbach, si può benissimo fare a meno del descritto metodo, il quale nella pratica riesce alcun che complicato. A questo strumento è annesso un cannocchiale, col quale traguardando a una biffa tenuta verticale, si hanno con precisione tutte le distanze che voglionsi misurare da un dato punto fisso. Solo si avverta di portarsi attraverso il fiume sopra un battello non troppo piccolo, affinchè non vada soggetto a notabili ondeggiamenti.

§. 8.

Lo scandaglio delle profondità in tutta la sezione del fiume non si prende d' ordinario che allora quando vuolsi indagare la massa d' acqua che il fiume trasporta in una certa altezza, pel quale intento dee misurarsi con la possibile accuratezza la superficie o area della sezione. Nel rilievo di una mappa fluviale si rende necessario per determinare la direzione del solco della corrente. Per tale oggetto a intervalli non grandi uno dall' altro (la loro distanza facendosi dipendere dall' andamento della corrente, o diritto, ovvero più o meno tortuoso) si rintraccia lungo la sezione del fiume il luogo, ove l' alveo è più profondo, e si misura la sua altezza, che notasi sulla mappa, dopo averne al tempo stesso misurata la distanza dalla ripa. Ciò può aver luogo o mediante una corda tirata dalla barca alla riva, o mediante alcuno dei metodi geometrici di misurare le distanze, o ancora mediante il distanzometro poco fa menzionato.

§. 9.

In una mappa fluviale devono andare registrate le profondità nel solco della corrente e nel filone. Per altri punti sono

(1) Il meccanico sig. Ertel di Monaco lo fabbrica con tutta perfezione al prezzo di fiorini 140.

da notarsi allora soltanto che rendonsi particolarmente importanti o quando la mappa viene rilevata per un fine particolare : per es., un lavoro da intraprendersi, ovvero qualche miglioramento fluviale, ove sia necessario di sapere la profondità d' ogni singolo punto. Se poi accada che si debbano indicare sulla mappa anche le altezze *sopra* quel livello o pelo d' acqua, al quale devono ridursi tutte le profondità, ai numeri che le esprimono, si prepone il segno +, e ai rimanenti numeri inferiori a quel pelo, il segno —, in guisa che altezze e profondità vengono rappresentate sopra una scala, in cui il pelo d' acqua prefisso costituisce il punto iniziale, ossia trovasi allo zero, dal quale poi sopra e sotto si contano le altezze d' acqua.

§. 10.

Il *limite dell' inondazione*, cioè quella linea fino alla quale da entrambi i lati del fiume arrivano le massime piene, parte vuol essere determinata colla livellazione, e parte si deve cercare di averne notizia dagli abitanti dei dintorni, e segnarla poscia sul tipo.

§. 11.

Egli è spesso necessario di conoscere non solamente la pendenza del fiume, ma eziandio le prominenze e gli avvallamenti de' circostanti terreni, sin dove giugne il profilo d' inondazione. Questo, abbenchè non sia in ogni tempo indispensabile, è poi sempre utile in quei lavori che vogliono eseguirsi oltre i limiti delle sponde del fiume : per es., nei tagli, negli argini, ed altri. Vuol essere adunque intrapresa un' esatta livellazione del fiume e dei terreni contigui. Io deggio presumere, ne' lettori che si dedicano alle costruzioni fluviali, o che vi sono già attualmente occupati, l' occorrente pratica di livellare, sicchè mi limiterò su tale argomento a renderli attenti circa una maniera comoda di segnare sul tipo planimetrico i risultamenti di questa operazione.

S' imagini, sopra il paese da livellarsi, un piano perfetta-

mente orizzontale, il quale si trovi appoggiato sul punto più eminente di questo, e si notino tutti i punti livellati con numeri che esprimano la loro distanza verticale da quel piano in piedi, pollici e parti decimali di pollice. A tal fine si sceglie il punto più alto della regione, o già invariabilmente fermo, ovvero in modo invariabile marcato per punto iniziale del travaglio, dal che si ottiene la giacitura relativa degli altri punti sotto di quello, la quale poi si riporta sul tipo o immediatamente apponendovi la rispettiva altezza, o si nota soltanto con numeri progressivi, che si riferiscono ad una tabella, ove stanno quelle altezze registrate. Si determini di questi punti quel numero che abbisogna per avere i profili della regione, secondo le occorrevoli direzioni. I punti determinati alle ripe del fiume, ed alla sua superficie, daranno allora ad un tempo la sua cadente. Egli è solo in tal guisa che ottiensi il più comodo e facile colpo d' occhio dell' ascendere e discendere di una regione.

Nel caso che un tal punto fisso non sia previamente reperibile nel paese da livellarsi, si assuma il piano imaginario ad una altezza qualunque : per es., a 100 piedi sull' orizzonte, e si segni la distanza di tutti i punti da esso e sotto di esso.

§. 12.

Un principale oggetto delle misurazioni idrometriche sono la *larghezza normale* e la *normale profondità* del fiume. Trovasi la prima, quando in più luoghi, ove il fiume corre tra sponde illese in direzione quanto che basta diritta, senza secche, renai ed isole, si misura la sua larghezza, e dalla somma delle rinvenute larghezze si passa a ricavare la media aritmetica. Già s' intende che fra queste località del fiume non deve metter capo alcun suo influente o rivo tributario di portata notabile, e che la risultante media larghezza vale soltanto per un tronco, lungo il quale non venga a succedere alcuna riguardevole alterazione nella massa dell' acque.

La profondità normale si rinviene nelle identiche regolari località del fiume, in cui va cercata la sua normale larghezza, non là per altro ove la velocità del fiume, in modo visibile accelerata o ritardata, declina notabilmente dalla velocità normale. Anch' essa si determina calcolando la media aritmetica di parecchie profondità scandagliate.

§. 13.

La *velocità* d' un fiume è di troppo grande influenza sulla navigazione, sulle costruzioni fluviali e, in generale, su tutti gli effetti di un fiume, perchè l' esatta esplorazione di essa non debba quasi da per tutto venire intrapresa, là eziandio ove per lo scopo che appunto si vuole aggiugnere non venga immediatamente richiesta, atteso che la misurazione di essa non va mai in luogo alcuno congiunta a difficoltà rilevanti. Si esprime per mezzo dello spazio, che l' acqua percorre in un minuto secondo. Quando, per es., si dice che il fiume corre con la velocità di 3 piedi, ciò vale a dire, che esso percorre in un secondo uno spazio di tre piedi.

§. 14.

Io debbo prima d' ogni altra cosa descrivere gli *strumenti* più idonei e più usitati per questa sorta di misurazioni. Varii ne furono inventati e proposti, e, se volessi di tutti occuparmi, empirei un grande spazio in questo volume. Laonde mi limiterò alla descrizione di quelli soltanto che alla semplicità della struttura uniscono la facilità nel maneggio, e sono pienamente corrispondenti al loro intento. La maggior parte degli altri trovasi chiaramente descritta nell' Idraulica del Wiebeking.

§. 15.

La *sfera natante* è una sfera cava formata con lama polita d' ottone, avente il diametro di 10 in 12 pollici (m. 0,24 a 0,29). Essa tiene un piccolo pertugio, mediante il quale si può intro-

durvi dell'acqua, e che si può chiudere a mezzo di una valvola, e presso al medesimo trovasi un' orecchietta per potervi annodare una cordicella, ovvero un filo metallico. Si può servirsi di questa sfera in due diverse maniere. O la si empie con tale quantità l' acqua, onde vada ad immergersi a segno, che un breve segmento di essa sia soltanto visibile alla superficie, ovvero la s' immerge, dopo averla quasi per intiero riempita d' acqua ad una profondità arbitraria, mentre all' orecchietta viene unito un filo, all' altro capo del quale sta raccomandato un pezzo di sughero, il quale, galleggiando sull' acqua, rende visibile la situazion della sfera, e tiene quest' ultima mediante la lunghezza del filo alla profondità che si desidera. Nel primo caso si trova la velocità superficiale, e nei piccioli e bassi fiumi si trova ben anco con sufficiente esattezza la velocità media, atteso che l' altezza dello strato d' acqua, nel quale è tuffata la sfera, forma una parte ragguardevole di tutta la profondità. Nel secondo caso ottiensi la velocità in quella profondità del fiume ove nuota la sfera, non peraltro con piena esattezza, perchè il sughero galleggiante non può a meno dall' esercitare qualche influenza sul movimento della sfera. Ma se la superficie del sughero, che viene presentata al corso del fiume, è possibilmente picciola, come dev' esserlo in ogni caso, allora codesta deviazione dalla precisa esattezza può aversi per trascurabile. Qualora non si aspiri alla perfetta esattezza, può a tale oggetto adoperarsi qualsivoglia corpo che galleggi sull' acqua.

§. 16.

Un' *asta natante*. La sfera non dà immediatamente se non che la velocità di quello strato d' acqua, sopra il quale o nel quale essa nuota. Volendosi per mezzo di lei desumere la velocità media di tutta l' altezza del fiume, si dovrebbe ripetere la misurazione a varie profondità, e cavarne poscia il medio aritmetico. Molto più agevolmente si può rinvenirla, mettendo a nuotare

ritta nel fiume un' asta, che giunga fin quasi al suo fondo. Tutte le velocità che hanno luogo nel piano verticale in cui nuota l' asta, agendo su di essa nel medesimo tempo, deve ella proseguire il suo cammino con la media grandezza di quelle. Si pose in opera a tale oggetto un' asta, la quale è al di sopra guernita con una piastra di sughero, e nell' estremità inferiore porta incassati o fermati tanti anelli di ferro quanti occorrono per immergerla sino alla competente profondità, e mantenerla verticale. Ma in grazia di siffatto apparecchio l' asta non somministra con tutta precisione la velocità media, atteso che i due capi di essa presentano all' acqua una superficie maggiore di quella della di lei medietà. Io quindi propongo di cangiare l' intero strumento in un bastone perfettamente cilindrico, la cui estremità superiore, egualmente grossa, sia fatta di sughero, ovvero consista in un tubo cavo, e termini inferiormente in un tubo di ottone di pari grossezza, e che possa riempiersi di migliarola di piombo del peso occorrevole. Questo bossolo può venire svitato, onde, a norma del bisogno, allungare il bastone mediante il pezzo intermedio che attaccasi a vite.

§. 17.

L' uso di questi misuratori della velocità, o taccometri, non ha guari bisogno di una ulteriore spiegazione. Si fa, cioè, che nuotino, e si osserva il tempo durante il quale percorrono uno spazio precedentemente misurato. Per conseguire la richiesta esattezza, si può fare lo sperimento nella maniera che segue. Si traccia lungo la ripa una linea GF (fig. 4) di determinata lunghezza, di 100 piedi almeno (m. 30 all' incirca), e si demarcano gli estremi punti di essa con le paline G ed F. Dirimpetto a quest' ultime, dall' altra banda del fiume, o dalla stessa banda alquanto indietro, allorchè le sponde sono basse, si piantano a eguale distanza altre paline g ed f. Si mette poscia nel fiume il corpo natante superiormente alla sezione Gg, e si osserva sopra

un orologio a minuti secondi il tempo nel quale esso si porta dalla sezione *Gg* alla inferior sezione *Ff*. La lunghezza *GF*, divisa per il numero di secondi impiegati dal corpo in questo cammino, somministra la velocità (Sez. I, §. 16) del fiume.

§. 18.

Il *tubo di Pitot.* Quando s' immerge nel fiume un tubo voltato ad angolo retto nell' estremità inferiore che può terminare in un' ampia bocca, e si presenta tal bocca alla corrente, l' urto di questa innalzerà la colonna d' acqua contenuta nel tubo, e l' altezza di cui questa sovrasta alla superficie esterna, sarà eguale a quella da cui l' acqua dovrebbe cadere per acquistare la velocità con la quale il fiume corre verso l' imboccatura del tubo. Su questo principio appunto ha fondato Pitot il suo misuratore della velocità. Esso consiste in un ben forte tubo di cristallo piegato inferiormente ad angolo retto, ove munito viene di un picciolo imbuto, e fermato a una scala divisa in piedi, pollici e linee, officio della quale è di mostrare la lunghezza della colonna acquea che s' alza sopra il livello esterno. Dall' altezza di quella colonna è dato appunto di calcolare la velocità del fiume che vi corrisponde, in quanto che la si assume eguale a quella velocità che l' acqua concepirebbe in cadendo da un' altezza pari a quella della colonna soprastante. Scorgesi agevolmente la difficoltà che si deve incontrare nell' uso di cosiffatto istromento. Non si può nello stesso osservare con passabile esattezza l' effettivo alzamento della colonna, se non che quando l' occhio trovasi a livello della superficie dell' acqua, ed anche in tal caso bisogna supporre una perfetta calma. In tale imperfetta condizione, il tubo di Pitot sarebbe quasi inservibile, se il direttore di Reichenbach non lo avesse saputo migliorare in una essenziale maniera, e tale da convertirlo in uno de' più utili strumenti idrometrici. Ad una comune scala stanno uno a canto dell' altro fermati due tubi di vetro, uno de' quali inferiormente apresi a dirittura nel

fiume, e l'altro termina a squadra in un picciolo imbuto di ottone. Entrambi si possono aprire e chiudere alla loro estremità inferiore speditamente mediante una semplice pressione con due galletti esistenti in un asse comune. Si tuffa lo strumento nel fiume, il tubo diritto si empie sino al pelo dell' acqua esterna, ma in quello che finisce ad imbuto sale la colonna fluida sino ad un' altezza che corrisponde alla velocità del corso. Si chiudono i galletti, si leva lo strumento dall' acqua, e si osserva la differenza della lunghezza delle colonne fluide dei tubi nell' annessavi scala ; il che può ora aver luogo con tutto agio e precisione. Una tabella che tenga previamente calcolata la velocità rispondente a ciascheduna altezza agevola davvantaggio l' uso di questo stromento. Puossi per maggiore accuratezza ripetere col medesimo le osservazioni, e da esse ricavare la media aritmetica. Per altezze mezzane, nelle quali può essere adoperato codesto taccometro, merita esso la preferenza in confronto degli altri tutti. Quand' anche si voglia mettere in dubbio che l' altezza della colonna acquea nel rispettivo tubo sia perfettamente eguale all' altezza della caduta che corrisponde alla velocità esplorata, in tal caso pure non suole aver luogo, salvo che una leggerissima aberrazione dal vero, e l' errore che ne risulta può appena pareggiare quello che deriva dall' impiego di qualunque altro metodo di misurare le velocità, in onta ad ogni possibile diligenza (1).

§. 19.

Per le maggiori profondità, nelle quali non ha più luogo la convenienza di adoperare il tubo di Pitot, ed anche per le picciole profondità, è raccomandabile, a preferenza d'ogni altro stromento, l'*ala idrometrica* di Woltmann, quale viene descritta nell' Idraulica teorico-pratica di Wiebeking. Dando essa la velocità del fiume

(1) Il meccanico sig. Ertel di Monaco fabbrica questo strumento al prezzo di 50 fiorini.

per via di un moto continuo, vale a dire mediante il numero di giri che compie la ruota dell' ala durante un determinato spazio di tempo, si ottiene ben tosto per mezzo di lei la velocità media della esplorata velocità del fiume, al che, mediante il túbo di Pitot, non si giunge che a forza di ripetere le osservazioni : e dalle medie velocità rinvenute deducesi la mediaarit metica (1).

§. 20.

Volendosi investigare la velocità del fiume, è d' uopo misurarla nel filone. Scopresi la situazione di questo, allorchè si ricerca alla superficie la velocità massima in sezioni, che seguonsi una dietro l' altra a intervalli non grandi, si notano nella mappa i punti ritrovati, e indi si uniscono insieme per mezzo di una linea punteggiata o di tinta leggiera. Sennonchè il filone quasi sempre si trova, come ho già detto, sopra il solco della corrente, circostanza che ne agevola il rinvenimento, non dovendo essere particolarmente rintracciato, se non quando declina dalla direzione di quello.

§. 21.

Per misurare la *quantità d' acqua* che il fiume trasporta in un tempo determinato (in un secondo), vale a dire la portata del fiume, si rendono necessarie esatte e diligenti ricerche della velocità. Devesi determinare la velocità in diversi punti della sezione, e precisamente la media di tutta la profondità. Si suole d' ordinario moltiplicare l' area della sezione del fiume per la media aritmetica di tutte le scoperte velocità. Ma siffatto calcolo non guarentisce una perfetta esattezza, mentre per ciò sarebbe necessario che in tutti i punti della sezione, ove si misura la velocità, vi fosse la stessa profondità.

(1) Una bella modificazione dell' ala di Woltmann è il nuovo taccometro di Stevenson, descritto nel Magazzino meccanico di Londra, aprile 1842, pag. 305. *(Nota del Trad.)*

Qui poi sarà dato accostarsi al maggior possibile grado di esattezza, quando si divida la sezione in parecchie porzioni (*A*, *B*, *C*, *D*, *E*, fig. 5), si calcoli separatamente l' area delle medesime, e si moltiplichi ognuna per la media velocità in essa rinvenuta. La somma di questi prodotti darà la colonna d' acqua che il fiume smaltisce in un secondo. Un' altra maniera più comoda e che, in pari tempo, moltissimo si avvicina alla verità, per trovare la portata di un fiume, consiste nel moltiplicare la velocità esplorata alla sua superficie nel filone per il coefficiente 0,82, con che, secondo Prony, si ottiene la velocità media. Il prodotto di questa per l' area della sezione somministra quindi la richiesta portata del fiume. Sembra per altro che siffatto espediente sia soltanto applicabile ai fiumi minori, o, meglio, ai rivi, su' quali appunto ha Prony eseguiti i suoi sperimenti, e derivatone indi quel risultamento. L' attrito del fondo e delle sponde essendo proporzionale al perimetro della sezione, cresce meno di quello che cresca l' area, ed in conseguenza ritarda meno la velocità nella maggior sezione, che nella minore. Però ne' fiumi più ampii e più doviziosi di acque, il suddetto coefficiente 0,82 si approssima sempre più ad eguagliare l' 1 (unità), veramente senza mai raggiungerla, mentre perchè ciò avesse a verificarsi, converrebbe che l' attrito dell' alveo diventasse = 0, il che è impossibile. Si vuol dunque risguardare quel coefficiente 0,82, ovvero anche 0,8, siccome una quantità, che solamente nei fiumi di picciola portata più o meno si avvicina alla verità.

§. 22.

Il prodotto della velocità e dell' area della sezione viene da alcuni denominato il *momento idraulico del fiume*.

§. 23.

In tutte queste misurazioni si deve indicare l' altezza d' acqua in cui sono state intraprese. La ragione di ciò non ha ora bisogno di alcuna spiegazione. Abbiamo di sopra veduto, quanto spesso si renda necessaria la osservazione di essa. Ma eziandio in molti altri casi se ne ha bisogno, e principalmente nel tempo delle piene e delle inondazioni. Anche il navicellaio la prende di norma nell' esercizio della navigazione. Si devono, a tale oggetto, innalzare i *misuratori delle altezze d' acqua* (gl' idrometri). Per comodo della navigazione è d' uopo situarli presso tutti quei punti, ove approdano d' ordinario le barche, e per le continue più esatte osservazioni vanno gl' idrometri stabiliti in tutte le località abitate lungo le sponde, o dove si possono espressamente collocare degl' individui incaricati di farle ai tempi dovuti, e con la dovuta accuratezza. L' intervallo fra un' osservazione e la susseguente non dovrebbe propriamente sorpassare le cinque o sei ore.

§. 24.

Per l' idrometro si scelga sempre una località, dove possano farsi le osservazioni comodamente in ogni altezza d' acqua, e dove l' acqua sia quanto che basta tranquilla, per non difficoltare all' osservatore la requisita precisione. Località di questo genere incontransi nei porti fluviali, dietro alle testate sporgenti de' ponti , in piccioli seni , in acque morte comunicanti col fiume. Puossi anche a tal fine escavare alla sponda un piccolo bacino, e metterlo in comunicazione col fiume. Non permettendo le circostanze locali che allo stesso idrometro esser possano osservate anche le altezze delle piene, per tal caso si eriga in distanza dalla ripa, e in sito a ciò adattato, un secondo idrometro,

che serve unicamente a indicare le altezze del fiume straripato, ed è la continuazione dell' idrometro esistente nel fiume stesso, conseguentemente in perfetta armonia col medesimo.

§. 25.

I piedi e pollici, per cui va diviso o graduato l' idrometro, vengono numerati dal basso all' alto, ed il principio, o sia il punto zero di esso, resta fissato a livello del conosciuto pelo magro del fiume. Alla scala si può aggiungere altresì un piede sotto lo zero, i pollici del quale vengono numerati da zero allo ingiù.

Tutti gl' idrometri di uno stesso fiume debbon essere fra loro coordinati. Allorchè si viene ad erigerli, fermisi anticipatamente ai medesimi una scala, in cui si determina il punto iniziale con tutta quella esattezza che viene impartita dalle anteriori osservazioni del pelo magro del fiume. La ripetuta osservazione delle altezze d'acqua nello stato di permanenza, o nella massima magra del fiume, ed il confronto delle registrate osservazioni indicheranno l'aberrazione dei punti zero precedentemente assunti nei varii idrometri, e si sarà allora facilmente in grado di rettificarli, e di ridurli fra di loro concordanti.

§. 26.

L' osservazione delle altezze d' acqua vuol essere fatta almeno una volta al giorno ad un' ora determinata; ma nelle escrescenze, e quando il fiume va soggetto a rapide alternative di accrescimento e di scemamento, parecchie volte in un giorno. Convien riportare codeste osservazioni in una tabella, raccoglierle e conservarle. Nella medesima tabella esser debbono al tempo stesso notati tutti i fenomeni che hanno con quelle relazione, e tutti gli eventi che legati si trovano con lo stato dell' acque: per esempio, pioggie insistenti, nembi dirotti, incominciamento

del gelo, gelo totale, il tempo e la durata dello scioglimento de' ghiacci. Io propongo a tale oggetto la tavola allegata in fine di questo libro, e distinta col num.° IV. Nella linea che addita il crescere ed il calare del fiume, i punti vogliono indicare lo scorrimento del ghiaccio che si va formando, la doppia linea, il fiume gelato, e i punti segnati sotto la linea, mostrano l'irruzione del ghiaccio, allorquando improvvisamente si scioglie. Siccome per mezzo di quella linea non possono esattamente indicarsi le salite e le discese del fiume fino a singoli pollici, così credetti opportuno di aggiungervi una particolare tabella, nella quale le altezze d'acqua vanno espresse in numeri, e si ha spazio sufficiente per annotarvi quanto di singolare accade nelle pertinenze del fiume. E' sarebbe più conveniente ancora, a lato della rubrica contenente le altezze osservate, aggiungerne eziandio un' altra per le velocità esplorate nelle varianti altezze dell'acqua. Queste tabelle vogliono essere accuratamente raccolte e custodite. Esse formano una cronaca del fiume, la quale si rende all'idraulico importante, e sotto molti aspetti interessante, giovevole ed istruttiva.

SEZIONE TERZA

DELLE FASCINATE

§. 1.

L' invenzione del fascinaggio, e la sua applicazione alle costruzioni fluviali, è uno dei più importanti progressi fatti dalla moderna scienza dei fiumi. Mercè di esso divennero fattibili delle opere, per le quali in addietro non sarebbe bastata nè arte, nè spesa, onde poterne cimentare soltanto l'eseguimento. Quindi sotto qualche aspetto si può giustamente chiamarlo miracoloso. Chi mai azzarderebbe di fabbricare ben entro in un fiume una diga di pali o di sassi, in una profondità di sessanta e settanta piedi? (17 e 20 metri.) Ma senza rischio, quasi sempre senza smoderato dispendio, e senza timore che possa andare distrutta, vien essa costruita con sottili e deboli ramicelli, e con grossa sabbia o con ghiaia, che altro mezzo di unione fra loro non hanno, all'infuori di corte caviglie di legno non due pollici grosse (m. 0,05); e questa massa, composta di materiali cotanto meschini, ha la prerogativa di resistere all' urto della corrente e alle violenti improvvise irruzioni del ghiaccio. In grazia del fascinaggio siamo dunque posti in istato di dirigere i fiumi, e renderli invalidi a cagionarci dei danni, laddove senza di esso si avrebbe dovuto lasciarli continuare le loro devastazioni, non di rado senza potervi opporre alcun riparo. Solo nei rapidi fiumi montani molto circoscritta rimane la sua applicazione, non potendo ivi il manufatto, che tiene ferma fronte contro grandi massi di ghiaccio, resistere a ciottoletti del peso di alcune oncie, perchè viene da essi a poco a poco lacerato e distrutto.

§. 2.

In grazia però delle molte prove, che dimostrano la grande utilità del fascinaggio, noi ci siamo lasciati trasportare ad una troppo favorevole opinione per esso, e molto a torto abbiamo rigettati, senza quasi eccezione, tutti gli altri lavori che, prima della sua invenzione, solevano adoperarsi nei fiumi. Non si volle da per tutto saper impiegato altro materiale che fascine, e i panegiristi delle medesime concessero tutt' al più un' eccezione nei rapidi fiumi che seco trascinano massi pesanti e voluminosi; anzi io potrei in questo proposito addurre il nome di un chiaro idraulico e scrittore fecondo, o, per dir meglio, compilatore, il quale era a tal segno convinto delle preminenti qualità del fascinaggio a petto di tutte le altre costruzioni, che per una serie d'anni con inflessibile perseveranza continuò ad impiegarlo anche sopra fiumi rapidissimi, ad onta che i suoi lavori abbisognassero ciascun anno di grandi e dispendiose riparazioni, ed alla fine andassero tutti in rovina. L' esperienza fece a poco a poco conoscere che in ogni fiume, dove o la grande profondità o la scarsezza di pietre non costringa a mettere in opera le fascinate, sono sempre preferibili i lavori di sasso lanciato alla rifusa, perchè riescono questi comunemente più economici, più facili ad eseguirsi e più durevoli. S' incomincia quindi adesso, e nello stesso Reno, ove sinora quasi esclusivamente e con la massima perfezione venne impiegato il fascinaggio, ad anteporre i lavori di sasso, quando per altro non si abbia difetto di pietre a tal fine accomodate. Nulla ciò stante, nelle maggiori profondità, e in quelle contrade, dove i sassi mancano affatto, o costerebbe troppo il farli venire di lontano, il fascinaggio serberà sempre il suo grande incontrastabile pregio.

§. 3.

Qui procurerò di rappresentare, più completamente che mi sarà possibile, tutto ciò che concerne il fascinaggio, omettendo per altro quanto si può meglio imparare sul luogo dei lavori, di quello sia per mezzo di una guida in iscritto. Schemerl ed Eitelwein trattarono questo oggetto col più minuzioso dettaglio, e in un' epoca, nella quale, meno assai che oggidì, trovavasi esteso l' uso del fascinaggio, e quindi meno occasione si aveva di apprenderlo praticamente; laonde si resero entrambi molto benemeriti della sua attuale dilatazione. Se io volessi seguire il loro esempio, il che presentemente non è tanto necessario, come altra fiata, non potrei fare di meglio, salvo che copiarli in gran parte. Trovo adunque più conveniente di rimandare per tale studio i miei lettori alle loro opere di già pubblicate (1), e di raccomandare ai medesimi a non voler negligere occasione alcuna di rendersi noti e familiari tutti i pratici maneggi che si riferiscono all' effettiva costruzione del fascinaggio.

§. 4.

La *fascinata* è un ammasso di fascine, di terra, di sabbia o ghiaia, il quale, per mezzo di lunghi fastelli cinti con verghe flessibili, e chiamati vipere, e per mezzo di cavicchie di legno, o picchetti, viene a costituire un sol tutto. Le *fascine* sono composte di rami di salice, pioppo, ontano ed altre piante, hanno la lunghezza di 10 a 12 piedi (met. 2,90 a 3,50), e sono grosse un piede all' incirca (met. 0,29). In caso di bisogno, sono per ciò anche adoperabili i rami di qualunque albero e di qualunque

(1) Praktische Anweisung zur Bauart der Faschinenwerke, und der dazu gehörigen Anlagen an Flüssen und Strömen von I. A. Eitelwein. Berlin 1818.

Abhandlung über die vorzüglichste Art an Flüssen und Strmöen zu bauen, von Jos. Schemerl. Wien 1803.

arbusto, pure in grado molto inferiore quelli che non hanno bastante pieghevolezza per essere strettamente uniti fra loro, quali sarebbero i rami di quercia. Le fascine di pino e di abete riescono troppo corte per formare da sè sole un insieme quanto che basta concatenato. Esse devono quindi andare impiegate solamente in caso di necessità, e allora pure mescolate con altre fascine di miglior qualità e più lunghe. Per le *vipere* vanno scelti rami sottili, ma piuttosto lunghi, i quali, sui così detti banchi da vipere, vengono insieme stretti a guisa di lunghi rotoli del diametro di 6 pollici (met. 0,15) ed anche meno, con legature di vimini distanti una dall'altra otto pollici in circa (met. 0,19). Le *cavicchie* consistono in paletti lunghi 3 o 4 piedi (met. 0,88 o 1,17), grossi da 1 $\frac{1}{2}$ a 2 pollici (met. 0,04 a 0,05), e ridotti a punta nell'estremità inferiore. Essi si approntano o di legname spaccato, o anche di rami diritti recisi dalle fascine. Gli ultimi però non si ottengono mai nella quantità occorrente, senza grave scapito delle fascine stesse. Nello strato superiore della fascinata si adoperano in istato verde e fresco, atti a germogliare, sicchè abbiano a mettervi radici, e cooperino con questo mezzo pure alla fortificazione della sommità. Si lascia ben anco rimanere a un capo dei paletti medesimi un corto pezzo di ramo laterale, il quale forma un angolo rivolto all' ingiù, d' onde poi vengono chiamati *rampini*.

§. 5.

Alcuni hanno sostenuto che non si possa tagliare il legname da fascine, prima che cadute non siano le foglie, per la ragione che i lavori eseguiti con fascine frondose, vanno soggetti a notabile sedimento ; io per altro sono di avviso affatto contrario. Le fascine guernite di foglie s'immergono più facilmente, e riescono in conseguenza più comode a venire adagiate, e dovendosi coprire i diversi strati di fascine con materiale sterile e secco,

per esempio, con ghiaia, si otterrà un rilevante vantaggio nell' impiego di fascine fronzute, atteso che quel materiale resta concimato dalle foglie che debbono infracidire, e viene quindi efficacemente promossa la tanto necessaria vegetazione del manufatto. Non si può per altro approfittare di siffatto vantaggio in primavera avanzata, o nel principio della state, poichè dal taglio effettuato in tali epoche vengono i fusti degli alberi a patir molti danni, od anche periscono totalmente. Solo in autunno, poco innanzi al cader delle foglie, può il taglio aver luogo senza detrimento alcuno delle piante.

§. 6.

Il *materiale di coperta* deve essere abbastanza grave per indurre le fascine ad assettarsi, e conferire alla massa un peso sufficiente per la resistenza che deve opporre all' urto della corrente. Non è lecito di sciacquare negli strati intermedii di fascine, e non si deve impedire negli strati superiori il germogliamento delle piante. Quindi non può essere impiegato materiale leggero, come sarebbe la torba, e tanto meno, arena minuta, la quale troppo facilmente resta dilavata. Grossa sabbia e ghiaia sono i materiali più confacenti. Però negli strati più alti, i quali emergono dal pelo medio del fiume, devono andare mescolati con limo e con terra, perchè altrimenti impedirebbono il germogliamento dei salici, o sia la riescita delle piantagioni. È quindi sempre un errore se per ciò si adopera grossa ghiaia soltanto, mentre da per tutto si trova in vicinanza quella quantità di terra, di zolle erbose o di limo il più fine, che si richiede per la copertura almeno dell' ultimo strato di fascine.

§. 7.

Dovendo una fascinata riuscire perfettamente durevole, oltre alla confacente connessione di tutte le parti tra loro, esige

che la sua sommità venga per intiero inerbata. Se quest' ultima rimane sterile ed asciutta, la copertura del supremo strato di fascine viene portata via, le vipere restano scoperte, e dissecate dal sole e dai venti, si slacciano e si sparpagliano, lasciando nella prossima piena in abbandono alla corrente il suolo di fascine, che esse tenevano fermo, e, dopo di quello, tutti gli altri successivamente divengono preda della rapace fiumana. Egli è quindi assolutamente necessario di effettuare il superficiale inerbamento di simili manufatti. Dove dapprincipio lo strato supremo di fascine non facesse mostra di una generale vegetazione, si dovrebbero coprire di piante vive i pezzi rimasti ignudi, fintanto che tutta la sommità del lavoro venga a guernirsi di un fitto e verde boschetto. Questo allora non proteggerà solamente gli strati superiori, ma, spingendo le proprie radici per ben due piedi sotto il livello dell' acqua attraverso l' intera massa, aumenta a un alto grado la solidità e la durata della medesima.

§. 8.

L' altezza delle fascinate viene precipuamente fissata in dipendenza dell' effetto che hanno da produrre, e ne sarà in ogni singolo lavoro indicata l' occorrente rispettiva misura. Benchè, per altro, lo scopo delle medesime sia quello che in principalità determina la loro altezza, si deve d' altra parte, per quanto è possibile, avere in considerazione la necessità di un completo e sollecito inerbamento. Se sono depressi i lavori, le piante vengono a stare frequentemente e lungamente immerse nell' acqua, e non possono, in conseguenza, germogliare, e se, favorite da lunga e costante magrezza del fiume, avessero effettualmente messo radici, in seguito di leggieri periscono, allorchè vengono di bel nuovo ed a lungo seppellite nell' acqua. In lavori troppo alti le piante della sommità difficilmente vi prosperano, e tanto meno, quanto più è arido ed infecondo il materiale che

s' interpone ai diversi suoli di fascine. A questo riguardo dunque l'altezza, che aver debbono i lavori di fascine, è dipendente dalla qualità del materiale di coprimento, e dall' altezza di quegli stati del fiume che più hanno influenza sulla vegetazione dei piantamenti, ciò è a dire, da circostanze affatto locali. A quest'uopo può l' idraulico procacciarsi le necessarie conoscenze locali, osservando e ritracciando con tutta l'attenzione lungo le sponde, e segnatamente nelle preesistenti opere di fascinaggio, a quali altezze le piante allignino felicemente, distinguendo, in pari tempo, quelle specie di esse che offrono più chiari indizii di una prosperosa vegetazione. Egli non deve inoltre essere indifferente rispetto alla scelta del materiale di coperta, massime se le fascinate vogliono essere costruite piuttosto alte sul pelo delle acque mezzane. Occorre, come ho già detto, che frammezzo alle superiori stratificazioni delle fascine venga in parte impiegata della terra di buona qualità, ovvero della belletta di fiume impregnata d' acqua, escludendovi affatto arida ed infeconda ghiaia od arena. La sola impossibilità di procacciarsi le anzidette materie può giustificare l' uso di queste ultime nella sommità delle fascinate.

§. 9.

Le fascinate debbono accuratamente connettersi alla sponda, affinchè non corrano rischio di essere intaccate al loro piede, e d' essere tagliate fuori, come suol dirsi, dal fiume, con pregiudizio estremo della sponda medesima, tra la quale e le fascinate s'insinuerebbe il corso dell' acqua. Quando ilavori siano piantati in sito confacente, e il fiume venga contemporaneamente ridotto ad un corso stabile e regolare, assai poco veramente si ha da temere la possibilità di quell' intacco. Pure non è mai lecito di tralasciare affatto la cura di antivenirlo. Non è poi necessario per ciò d' internare il piede ossia l' intestatura della fascinata parec-

chie tese nel corpo della sponda, come molti pretendono, mentre il più delle volte basta a questo fine un prolungamento di sei ad otto piedi soltanto (met. 1,75 a 2,55). Unicamente allora, quando si è costretti a fabbricare lavori isolati in luoghi, dove la loro unione colla ripa non può in altra maniera essere bastevolmente assicurata, occorre di dare ai medesimi un prolungamento di due a tre tese (met. 3,50 a 5,25) ben entro nel terreno sodo. Anche la qualità della ripa, se, cioè, sia di natura consistente o cedevole, per conseguenza, se difficilmente o facilmente si frana, deve, a questo riguardo, esser presa in considerazione. Per tale prolungamento o intestatura si scava attraverso la ripa un fosso sino al pelo magro del fiume, e gli si assegna la larghezza che tiene il lavoro a quella medesima altezza.

§. 10.

Il lavoro di una fascinata deve farsi senza alcuna interruzione finchè gl' inferiori strati non siano giunti a posarsi sul fondo sodo, e trattandosi di ripari da chiusa, non prima che sia data agli stessi la stretta. In ambi i casi, e principalmente nell' ultimo, non può quasi mai mancar di succedere un approfondamento nel letto del fiume, in grazia di che, il travaglio si rende molto più difficile, e la spesa di esso può essere portata ad un grado considerabile di accrescimento. Egli è quindi assolutamente necessario, prima di metter mano all' opera, di tenere apparecchiato sul luogo del lavoro tutto il materiale occorrente, col di più proporzionato per i casi imprevisti, o di essere certi almeno che, ad un bisogno, vi possa essere prontamente arrecato, per non vedersi forzati a qualche dannosa intermissione di lavoro.

§. 11.

Allorchè il lavoro trovasi avanzato al segno, che non vi manchi a compierlo, salvo che l' ultima stratificazione di fascine

e di ghiaia, lo si lascia giacere senza di questa sin che arrivi l' autunno o la primavera, onde nel frapposto spazio di tempo abbia campo di prendere un completo assettamento, e, nel caso ne derivassero delle inuguaglianze, verranno queste adeguate colla sovrapposizione del supremo strato di fascine. Siccome l' oggetto essenzialissimo di tale pratica si è quello di conferire alla sommità del manufatto un verde vegetante rivestimento, così vi si distende dapprima uno strato di buona terra, o di limo fluviale, in cui il salice cresce più sicuramente e con maggior sollecitudine, e poi vi si adatta sopra l' ultimo suolo di fascine, le quali vogliono essere di legne verdi e fresche, come altresì le vipere che vi vengono sovrapposte, e, per quanto è possibile, anche le caviglie, che vanno inoltre tagliate a rampino. L' ultimo strato si copre parimente con buona terra e fanghiglia di fiume, che si fa poscia penetrare negli interstizii delle sottoposte fascine versandovi sopra dell'acqua, ed allora soltanto si compie la copertura con grossa ghiaia. Il descritto lavoro deve essere intrapreso ad un tempo, nel quale i salici siano tuttavia in crescenza, cioè nell' autunno e nella primavera. Per mio convincimento, è da preferirsi l'autunno, attesochè, durante quest' ultimo e nell' inverno ancora, purchè la stagione corra mite e temperata, e segnatamente al termine di esso, i salici mettono germi e radici, e quindi, prima che giunga la primavera, propizia a tale organica funzione delle piante, esse vi hanno già fatto rilevanti progressi.

§. 12.

Nè Eitelwein, nè Schemerl, si sono punto occupati a descrivere la preparazione e l' impiego delle *fascine d' annegamento* e delle *opere fondali.* Esse, per altro, sono di tanta utilità nell' architettura de' fiumi, che io passar non posso sotto silenzio il modo onde vengono approntate e collocate in lavoro.

Le *opere fondali* sono, se così posso esprimermi, una intrecciatura di fascine della grossezza di due a tre piedi (met. 0,58 a 0,88) in circa, la quale si apparecchia o alle sponde, ovvero anche sull' acqua, e viene quindi tradotta al suo posto e calata a fondo. Sinora furono esse impiegate più nella difesa delle coste marittime, di quello che nelle costruzioni fluviali, ed in quest'ultime, per quanto io sappia, ad eccezione dell' Olanda, tuttora pochissimo. Esse, per altro, meriterebbero di ricevere una più estesa applicazione, e, per quanto dipende da me, le vado in più luoghi additando come necessarie, o, per lo meno, come giovevevoli. Descriverò quindi per primo l'apparecchio delle grandi opere fondali, quali vengono appunto adoperate in Olanda. I Lettori, che hanno abilità e speditezza nell' eseguimento di questo genere di lavori, le impiegheranno convenevolmente con facilità, e a norma dei bisogni sapranno anche modificarle pei minori fiumi, e pei diversi fini, e così troveranno occasione di procacciare alla pratica architettura dei fiumi un miglioramento di non lieve entità.

§. 13.

Si forma una rete o graticola di ordinarie vipere, i vani quadrati della quale abbiano il lato di due piedi (met. 0,58) all' incirca. Ne' punti, ove le vipere s' incrociano, vengono strette le une alle altre con forti allacciature di vimini. In ciascun legame del perimetro, e ad ogni terzo degl' intermedii, si attacca un pezzo di corda, al quale oggetto si prendono delle funi usate, e le si attortiglia ad un paletto verticale ivi appunto confitto nella grossezza delle vipere. Si copre quindi questa graticola con alquanti strati di fascine, nel distender le quali, si ha l' avvertenza di alternarne le code e le teste, onde conferire alla massa un uniforme spessore. Quando tale catasta di fascine è giunta ad avere l' altezza di $2\frac{1}{2}$ a 3 piedi (met. 0,63 a 0,88),

vi si adatta di sopra una nuova somigliante graticola di vipere, legandola fortemente abbasso mercè i pezzi di corda trattenuti a tal uopo dalla inferiore graticola. Si caccia dappoi a traverso di ogni legatura un paletto appuntato, il quale deve penetrare alquanto nel fondo, onde con questo mezzo dare al lavoro una giacitura più stabile contro il pericolo che possa andare spostato. Intorno al perimetro vengono esternamente applicati parecchi robusti anelli di vimini, e s' infilano nei medesimi delle funi, con l' aiuto delle quali esser deve sostenuto l' ammasso frammezzo a zattere o barche, e condotto al luogo, ove dovrà venire affondato. Ai lidi del mare, ovvero nei fiumi soggetti alle maree, si appronta codesta opera di affondamento durante il riflusso presso la riva, che in ogni caso si spiana a livello della massima bassa marea, e si attende il flusso per trasportarla al suo sito. Ne' fiumi non sottoposti all' alternativa del flusso e riflusso, si potrebbe allestirla in tempo di magra, ed indi aspettare la piena. Ma l' incertezza e la durata di questa cagionerebbe poi qualche impedimento e qualche ritardo. Sarebbe dunque migliore espediente di dare mano alla graticola in acqua talmente bassa, che gli operai vi potessero travagliare stando ritti in piedi, di assicurarla poi fra zattere e barche, e di ultimarla in acque più alte, dove allora i travagliatori possono essere sostenuti dalla graticola e dal sovrapposto primo strato di fascine. Per impedire l' incurvamento della massa nel suo mezzo, si può, a contatto delle inferiori vipere, adattare opportunemente delle pertiche aventi la grossezza dei comuni puntelli, ovvero si possono mettere in opera queste in cambio delle vipere, e nelle stesse loro direzioni. Si getta quindi sopra tale opera di fondazione, come far si suole nelle ordinarie fascinate, della grossa ghiaia, fino a che si scorga che incomincia a discendere. Per accertarsi del suo equabile affondamento, si cacciano nel suo contorno dei paletti, dalle altezze dei quali è dato conoscere di

quanto si vada immergendo la massa in ciascun punto. Si sciolgono quindi le corde fermate alle zattere o barche, e si fa andare giù l' opera fondale tanto, che vi possano pescare sopra i battelli, e completarvi l' inghiaiamento; dopo di che si fa che cali a fondo del tutto, e si ritirano le funi, che stavano infilate negli anelli. S' intende da sè che le barche devono essere grandi quanto che basta, perchè non vengano poste in tale disequilibrio da una parte, che corrano rischio di rovesciarsi.

Impiegandosi codeste opere fondali nel serramento dei ripari di chiusa, sarebbe ben confacente d' introdurre nell' interno loro tanto materiale pesante, quanto se ne richiede per farle stabilmente posare sul fondo, attesochè altrimente potrebbe essere trascinato via dalla superficie, e la caterva di fascine or ora descritta potrebbe venire scomposta ed asportata.

§. 14.

Volendosi garantire le fronti de' ripari, ovvero le sponde contro gli scalzamenti della corrente per mezzo di opere fondali, egli è ben certo che puossi ottenere l' intento con una più semplice struttura delle medesime, massime allorchè non sono destinate che a servire di fondamento ad una sassaia. Sarà precisamente bastante per tale caso che sopra la inferiore graticola venga fermato un semplice strato di fascine per mezzo di alquante vipere tirate nel senso della lunghezza, e, dopo averlo fatto calare a fondo, gettarvi sopra le pietre. Per quanto è a mia conoscenza, non sono mai state le opere fondali poste in lavoro nella testè descritta struttura; laonde io non posso offerirla a' miei lettori che sotto il titolo di progetto, e rimetterla per esame e verificazione ai loro tentativi e alla loro esperienza.

§. 15.

Nei luoghi che debbono essere premuniti al piede contro gli scalzamenti dell' acqua, o che debbono andare interriti, esistendovi sopra una corrente in qualche modo rapida, senza che si possa far uso di fascinate regolari e solidamente connesse, si suole servirsi delle così dette *fascine d' annegamento.* Sono queste fascine della lunghezza di 12 sino a 15 piedi (met. 3,50 a 4,38), e del diametro di 2 piedi (met. 0,58) all' incirca, nell' interno delle quali s' introduce quella quantità di sassi o di grossa ghiaia, che si rende opportuna per farle discendere al fondo del fiume, ed ivi si posino stabilmente, senza che corrano pericolo di venire dalla corrente rimosse di luogo, e trascinate con essa. All' uopo di allontanare ulteriormente siffatto pericolo, in tre o quattro punti della lunghezza si ficcano attraverso le fascine delle coppie di paletti, che vadano ad incrocicchiarsi diagonalmente nel loro asse, e sporgano fuori un piede (met. 0,29) circa da entrambi i capi; in tal guisa si rende più difficile il voltolamento delle fascine, e queste si tengono più fortemente aderenti al fondo del fiume. Nel sito, ove debbono annegarsi, vengono le fascine legate con robuste viminature sopra barche o zattere, e quindi sospinte nell' acqua. Se ne fanno anche talora della semplice grossezza d' un piede (met. 0,29), e il più vantaggioso impiego di queste forma appunto il soggetto dei paragrafi che vengono appresso.

§. 16.

Da alcuni anni furono in Baviera con più o meno favorevole esito istituiti degli sperimenti intesi a ritrovare un metodo di costruzione durevole e insieme economico, da potersi nei rapidi fiumi, che corrono in ghiaia, surrogare alle fascinate, che ivi vanno sempre soggette a un fine veramente prematuro. Uno di tali

sperimenti corrispose pienamente all' aspettazione, confermando appunto l' eminenti prerogative di un genere di ripari, il quale, benchè da molto tempo adoperato nell' Austria, vi è però, come sembra, poco conosciuto ed apprezzato, e il quale, ne' paesi ove abbonda il legname da fascine, domanda il terzo appena della spesa, che suol occorrere per le comuni opere di fascinaggio. Questo decantato genere di ripari, che ora mi accingo a descrivere, si può con tutta convenienza denominare *pareti di fascine d' annegamento.*

§. 17.

Ecco in che consiste essenzialmente la loro struttura. Si piantano nel fiume due o più file parallele di pali, alla distanza di 15 pollici circa (metr. 0,36), essendo i pali di ciascheduna fila fra loro distanti 3 sino a 5 piedi (met. 0,88 a 1,46) da mezzo a mezzo. Fra queste file di pali vengono distese e adagiate una sull' altra delle lunghe fascine di annegamento aventi il diametro di 14 a 15 pollici (met. 0,34 a 0,36), strette, a guisa delle vipere, con verdi allacciature, a distanze non più grandi di un piede (met. 0,29). Nell' interno di queste fascine s' introduce, secondo lo stile usato in tutte le fascine d' immersione, una sufficiente quantità di sassi o di grosse ghiaie, affinchè acquistino la gravità necessaria per poter formare delle pareti perfettamente connesse e prendere un completo assettamento sul fondo. Le figure 28 a 33 della tavola III rappresentano codeste pareti di fascine in profilo, in prospetto ed in pianta.

Ho detto che i pali delle diverse file debbono andare conficcati alle scambievoli distanze di 3 fino a 5 piedi (met. 0,88 a 1,46). Questi intervalli fra un palo ed il successivo possono cioè vagare dall'uno all'altro limite, secondo che è maggiore o minore la resistenza che tali lavori hanno da opponere al fiume. Alla testa dei ripari, e nel fianco de' medesimi rivolto al corso del-

l'acqua, possono cioè i pali essere avvicinati uno all' altro sino a 3 piedi da asse ad asse, mentre, al contrario, i pali che trovansi piantati vicino alla ripa, e nell' opposto fianco del riparo ponno essere tenuti uno dall' altro lontani sino a 5 piedi.

§. 18.

Non v' ha qui bisogno nè di robusti pali, nè che vengano battuti a molta profondità. Nei fiumi di secondo ordine, ovvero nelle località dove questi manufatti non sono esposti all' urto impetuoso della corrente, o quando non si alzano sul fondo dell' alveo che per sei o sette piedi (met. 4,75 o 2,04), bastano assolutamente dei pali di 7 ad 8 pollici (met. 0,17 a 0,19) di diametro. Là però, dove queste pareti vanno levate ad una maggiore altezza, o che vengono investite da una corrente piuttosto rapida, e talvolta pure alle loro fronti, che si avanzano arditamente nel fiume, conviene che siano impiegati dei pali di più forte riquadratura, della grossezza, cioè, di 10 a 12 pollici (met. 0,24 a 0,29).

§. 19.

Nella costruzione di queste pareti, non sono punto necessarie lunghe e faticose manovre per l' affondamento dei pali, specialmente nei casi, in cui vengono esse impiegate nella qualità di respingenti, attesochè allora producono in brevissimo tempo una completa alluvione, in grazia della quale giungono ad avere una maggiore altezza rispetto alla massa del fiume, si trovano più stabilmente costituite, e vengono a meraviglia esentate dagli scalzamenti della corrente. Soltanto alla loro fronte, ove, in ogni caso, possono rimanere esposte all' accennato pericolo, egli è confacente di spingere più addentro nel fondo la fittura de' pali.

§. 20.

In maggiori profondità, ovvero quando le pareti di fascine hanno da fare contrasto all' urto prepotente dell' acque: per esempio, nei ripari che si avanzano ben entro nel fiume, vengono le stesse corroborate coll' impiantarne due o tre di seguito, una a contatto dell' altra, vale a dire, o conficcando tre schiere consecutive di pali, tra le quali vengano poscia a disporsi due pareti di fascine, ovvero si alzano tre di queste medesime parèti, fra quattro ordini di pali piantati, uno di seguito all' altro, nel qual caso poi la parete intermedia erge alquanto la cresta sulle due laterali. Le fig. 29 e 30 mostrano le sezioni delle pareti di fascine convalidate in tal modo.

§. 21.

Le descritte opere di fascine non si debbono produrre in altezza oltre il pelo della massima magra, o di poco soltanto, per la ragione appunto che con tale moderata altezza, ove siano destinate a fare le funzioni di respingenti, effettuano in brevissimo tempo l'alluvionamento, e vengono nella più efficace maniera salvate dai danneggiamenti, che in una maggiore elevatezza vi potrebbero cagionare le piene e i rottami di ghiaccio, senza che per altro ne resti meno presidiata la sponda, o il loro effetto scemato. In virtù di sì discreta altezza viene altresì essenzialmente agevolata la costruzione delle medesime. Si preparano, cioè, le fascine sopra zattere poste a galleggiare sul fiume accanto delle armature provvisionalmente erette per il conficcamento dei pali, si rotolano dalle stesse tosto che ne sia eseguita la legatura, e si mandano ad annegarsi tra le prestabilite file di pali, le teste dei quali debbono trovarsi a livello della superficie del fiume, onde, nell' annegamento delle pesanti fascine, non ve-

dersi costretti di sollevarle al di sopra delle palate, locchè apporterebbe manifestamente un imbarazzo e un travaglio di grave momento.

§. 22.

Cosiffatto impianto delle pareti di fascine d' annegamento, non venendo a interrompere del tutto la corrente, produce in brevissimo spazio di tempo un' alluvione, e poichè la prima fascina sommersa copre interamente lo spazio, sul quale è distesa, resta con ciò impedito lo scalzamento e l' escavazione di esso, e, mentre il fiume vi decorre sopra con velocità pressochè non isminuita, travolgendo le proprie ghiaie, arresta queste nel loro corso sul letto fluviale, e in tal maniera, fin dall' immersione della prima fascina, già incomincia a formarsi l' alluvionamento, ed io ho veduto delle pareti di fascine abbastanza alte, a ridosso delle quali, prima ancora che fossero compiute, il letto si era interrito fino oltre la metà della loro altezza. E poichè le acque medie, e, più ancora, le piene trascorrono al di sopra di esse, e, per conseguenza, il convoglio dell' acque non vien mai dalle medesime, se non che parzialmente, intercetto, per tal modo l'alluvione, dopo eziandio che sono completate le pareti, prosegue sollecitamente a innalzarsi negli spazii alle stesse frapposti, e non di rado una sola delle ordinarie escrescenze è bastante a portarla sino alla sommità del lavoro.

§. 23.

Si vede agevolmente, che questo rapido alzamento dell' alveo, è quello appunto, che nella più efficace maniera preserva le pareti dai guasti e dalla distruzione, poichè restando esse con ciò quasi per intiero sepolte nelle ghiaie e nelle sabbie, non sono più investite nè dal filone, nè dalla corrente, che tutto al più potranno in qualche guisa tuttavia molestarle alla punta; al che

poi si provvede con due semplicissimi mezzi: o si conficcano più addentro nel fondo le due o tre prime coppie de' pali anteriori, scegliendoli insieme di riquadratura più forte: ovvero si dispongono le teste delle fascine in modo che vengano a formare verso il fiume una gradinata discendente, come vedesi disegnato nella fig. 31.

§. 24.

Nella quinta sezione, ove si tratterà dei ripari, avremo motivo d' indicare quanto sia talvolta importante, per la buona loro riuscita, di munirne le fronti a mezzo di un' abbondante scarpa. Ne' ripari, che si erigono con pareti di fascine, non è ogni volta possibile di dare alle loro teste una scarpa molto dolce, secondo la maniera accennata nell' antecedente paragrafo, poichè le fascine, che si spingono troppo innanzi liberamente nel fiume, vengono a ripiegarsi e ad incurvarsi. Ma questo intento si consegue pienamente, e in un modo assai più sicuro che nelle fascinate, qualora le ultime coppie di pali verso la punta del riparo vengano conficcate ad altezze decrescenti, e poscia fra loro si anneghino le fascine nella guisa appunto rappresentata dalla fig. 33. Anzi, per mia opinione, in piccoli fiumi, ed anche in fiumi di mezzana portata, riesce possibile di costruire, con pareti di fascine, dei ripari della forma e dello scopo, che verranno indicati al §. 31 della predetta quinta sezione, e dichiarati siccome ineseguibili, almeno con l' impiego dei metodi di costruzione finora usitati.

§. 25.

Di leggieri si scorge, che queste pareti d' annegamento non sono applicabili a profondità molto grandi. Si può con sicurezza fondare dei lavori con duplicate o triplicate pareti di fascine fino alla profondità di 10 piedi (met. 2,92). Del resto deciderà l' esperienza quale sia il limite della massima profondità, fino alla quale queste pareti possono andare utilmente impiegate.

§. 26.

L' agevolezza nella esecuzione, e la circostanza che l' infimo strato di fascine viene esattamente a coprire il letto del fiume, e quindi lo preserva dall' escavazioni, rendono questo metodo di costruzione singolarmente adattato nella chiusa o stretta di quei ripari, che si alzano, onde precludere in qualche luogo il passaggio alla corrente; atteso che la difficoltà principalissima in questa sorta d' imprese consistendo nell' escavamento via via più profondo dell' alveo, in causa della correntia delle acque, la quale, a misura che i due capi del riparo si vanno avvicinando, aumenta sempre più di vigore, ben si vede che codesta difficoltà resta per via delle pareti di fascine, se non del tutto, in massima parte almeno soppressa; solo d' ordinario si esige in tali intraprese che il lavoro venga costituito da un duplice o triplice sistema di pareti.

§. 27.

Possono altresì adoperarsi codeste pareti in qualità di semplici armature frontali a presidio delle sponde, ed allora la struttura di esse è riducibile ad una maggiore semplicità. Poichè le fascine, attesa la pressione del terreno accumulato fra esse e la sponda, non vengono spinte che contro la palificata anteriore, subito si vede che i pali posteriori non hanno altro offizio che quello di sostenere le fascine fin tanto che sia terminato il riempimento intermedio di terra, e che perciò non occorre, nè che siano tanti di numero quanti son quelli della palata anteriore nè che abbiano la stessa loro riquadratura. Laonde per la palata interna, cioè rivolta alla sponda, si potrà mettere in opera la metà soltanto di pali, cosicchè ad ogni secondo palo della palificata anteriore corrispondavi dirimpetto un palo nella posteriore, che potrà eziandio essere piantato a una profondità molto minore,

giacchè questi pali cessano precisamente dall' essere necessarii, quando l' addossatovi terrapieno trovasi compiuto, andando questo allora a tenere il luogo di essi.

§. 28.

Dalla bassa giacitura delle pareti di fascine d' annegamento non può invero aspettarsi che l' interrimento da esse prodotto venga gran fatto ad emergere sul pelo delle acque più magre. Del che, per altro, non può farsi loro un rimprovero, giacchè, quando l' alluvione trovasi una volta avanzata a quel segno, può con somma facilità essere portata al suo totale incremento, sia per mezzo di piantamenti, sia per mezzo di siepi intessute. L' architettura dei fiumi ha pertanto conseguito, mercè le pareti di fascine, un pregevole grado di estensione e di perfezionamento.

§. 29.

In acque di rapido corso, nelle quali potrebbe temersi che le fronti dei ripari, composti con pareti di fascine, andassero corrose e scalzate al piede, si rende assai confacente di premunirle con un sottobasamento di ordinarie sì, ma però lunghe fascine. Si dispongono queste attraverso i pali in guisa che i loro capi sporgenti vengano a coprire il fondo oltre le palificate almeno per il terzo della lunghezza verso il mezzo del fiume, e tutto intorno alla fronte del riparo. Sopra questa fondazione si adagiano quindi tra le file di pali le fascine d' annegamento.

SEZIONE QUARTA

DELLE ARMATURE E DEI RIVESTIMENTI DELLE SPONDE.

§. 1.

Ove accada di dover difendere la sponda di un fiume minacciata, ovvero anche aggredita, senza che possa convenire di dare un'altra direzione al solco della corrente, ovvero al filone, o perchè dalla loro giacitura non provenga il pericolo della sponda, o perchè, quand'anche si conoscano entrambi perniciosi alla medesima, le circostanze e i riguardi locali non permettano che un solido riparo si avanzi francamente nel fiume, allora è d' uopo, o modificare la scarpa, o ricorrere ai rivestimenti e alle fortificazioni frontali, per cui mezzo riesce la sponda valida a spiegare la necessaria resistenza contro gli attacchi del fiume.

§. 2.

Una ripa o sponda può venire intaccata o corrosa in due diverse maniere. O la lesione ha soltanto luogo sopra la superficie dell' acqua, e a questo caso si dà il nome di *scrostamento di sponda*, e la sponda stessa dicesi *scrostata;* ovvero l' intacco succede verso il fondo del fiume, e la sponda crolla e dirupa dall' alto a falda a falda, e ciò si denomina uno *sfaldamento di sponda*, e la sponda medesima si dice *sfaldata.*

§. 3.

Solamente nei fiumi di lentissimo corso, e in questi pure non sempre, basta la semplice protrazione della scarpa, o sia lo

spianamento obliquo delle sponde, perchè siano queste riparate, mentre rimangono esposte a un pericolo almeno sin tanto che la loro scarpa siasi completamente inerbata. Ma, quand' anche vi si aggiungano degli altri mezzi di difesa, la scarpa in terreno forte deve aver sempre almeno 1 $\frac{1}{2}$ di base per 1 di altezza, e questa base convien che sia protratta fino a 2 $\frac{1}{2}$ e 3 piedi, trattandosi di terreno sciolto o arenoso. Nelle località, dove la scarpa si forma non per via di sterro, ma mediante riporto di terra, deve questa andare diligentemente assodata con mazzeranghe.

§. 4.

Quasi sempre è necessario di conferire a queste scarpe eziandio un altro mezzo di difesa. Il più semplice di tutti consiste nel farvi sopra una piantata di salici nani. Ma sin tanto che questi pervengano a un discreto grado di crescenza, e il terreno fra essi venga tutto a coprirsi di erba, la nascita della quale esser deve promossa e sollecitata collo spargervi le sementi di erbe graminacee, o tritume di fieno, può la terra, tuttavia ignuda, essere asportata dalle acque, e segnatamente in causa del percuotimento delle onde commosse dal vento. Si hanno varii mezzi per ovviare a tale inconveniente e dare alla ripa una maggiore stabilità. Vediamo ora quali sono, e in qual maniera si ottenga con ciascun di essi l' intento.

§. 5.

Sopra la scarpa della sponda, dall' orlo superiore della medesima sino alla superficie dell' acqua, si erigano siepi intessute alle distanze di 8 a 10 piedi (met. 2,33 a 2,92) una dall' altra. Scavansi dapprima dei fossi alti un piede (met. 0,29) all' incirca, e in questi appunto vanno piantate le siepi. Tanto i paletti, quanto le bacchette o verghe d' intrecciamento hanno da essere di salice atto a germogliare. Si coprono quindi le siepi fino alla cima con

terra. Poscia attraverso di esse, e nella identica guisa, si alzano altre siepi, però di struttura più debole, e queste debbono stare alla scambievole distanza di 2 a 3 piedi (met. 0,58 a 0,88), avere la cresta orizzontale, e incontrare le prime ad angolo retto. In tal modo si ottiene una rete di siepi, la quale non permette alcuna notabile corrosione, e quando sia una volta pervenuta al conveniente grado di crescimento, forma una verdeggiante e fitta macchia, la quale rende vano ogni sforzo dell' acqua per nuocere alla sponda, che essa tiene in guardia.

In luogo di siepi, si possono altresì distendere entro a piccoli fossi delle vipere composte di fresche bacchette di salice, fermarle con paletti appuntati egualmente verdi e di salice, e coprirle dappoi con terreno di buona qualità.

Talvolta, frammezzo alle siepi discendenti dal ciglio al piede della sponda, può bastare un semplice piantamento di giovani piantoni di salice, posti in file regolari, e piuttosto vicini gli uni agli altri.

Si può anche fare a meno delle siepi longitudinali, cioè di quelle condotte parallelamente alla sponda, quando nelle vicinanze si trovi della ghiaia di grosso calibro. Si coprono allora con questa gli spazii interposti alle siepi trasversali, e quindi vi si spande sopra una discreta quantità di terra e di pingue limo fluviatile. Con questo metodo si arriva a impedire le corrosioni, nè si ritarda se non che la formazione di una verde cotica, non già però la crescenza dei salici, i quali vengono a costituire nel seguito il consolidamento reale della sponda.

§. 6.

Nei rapidi fiumi, dove anche tal foggia di rivestimento delle sponde non riuscirebbe pienamente durevole, puossi aver ricorso ad una sassaia. Sopra una ripa predisposta con la scarpa di $2\frac{1}{2}$ per 1, si getta un suolo di sassi alto piedi 1 (met. 0,29)

all' incirca, ed i sassi vogliono essere grandi abbastanza, affinchè l' acqua non possa smuoverli ed asportarli. Potrebbe altresì convenire di raccogliere le ghiaie di maggior volume, e metterle in opera per questo oggetto, e nel caso non avessero queste il peso competente per impedire l' asporto dell' acqua, si piantino delle cavicchie di legno in linee discendenti dal vertice all' unghia della scarpa, e distanti 7 ad 8 piedi (met. 2,04 a 2,33) una dall' altra, e si guernisca tutta la scarpa, dapprima cospersa di terra, con forti e spessi piantoncelli di salice. Le caviglie manterranno i sassi al loro posto, finchè i salici siano cresciuti, e subentrar possano, anche con maggiore efficacia, nell' esercizio delle loro funzioni.

§. 7.

Si può altresì proteggere la sponda con una selciata, al qual fine, allorchè la scarpa è formata con terra portatavi di fresco, e non ispianata sul fondo naturale, la si assoda mediante artificiale pestamento, e indi si copre con un suolo di arena. Sopra codesta selciata non si deve tollerare alcun salice, perchè questi verrebbero a disgregarne le commessure. Per la ragione appunto che un lastricato esige meno sassi in confronto di una sassaia, merita esso la preferenza in que' luoghi, dove i sassi sono più cari, qualora, per altro, dovendo le pietre essere acconciate alla regolarità del lavoro, il maggiore importo della mercede del tagliapietra non venga ad assorbire il risparmio conseguibile nel prezzo di acquisto. In conseguenza la valuta dei sassi e la spesa della loro riduzione devono decidere se si abbia a prescegliere la sassaia o l' inseliciato.

§. 8.

In cambio di pietre, si può al medesimo intento fare uso di fascine, messe alla distesa sopra la sponda, la parte più grossa delle quali va sepolta in un piccolo cavo al piede della scarpa,

e la parte più sottile è rivolta all' insù verso il ciglio della scarpa medesima. Si tengono fermi al loro posto questi rami supini con vipere e con cavicchie, e poi vi si spande sopra del limo di fiume, della terra, e, in loro mancanza, anche della sabbia. Codesta copertura viene, è vero, in parte asportata dall' acqua, ma una gran parte rimane negl' interstizii dei legni, li riempie, e promuove la loro vegetazione. È utilissimo d' innaffiare con molta acqua questo strato di terra nell'atto appunto di spargerlo, onde far sì che s' insinui e prenda corpo tra i rami. Tale rivestimento può non impropriamente chiamarsi *copertura a boschetto.*

§. 9.

Le circostanze locali faranno decidere a quale dei descritti mezzi di rivestimento debba essere accordata la preferenza. Ma saranno tutti insufficienti, le quante volte la sponda si trovi esposta al pericolo di venire escavata al piede, e diventare una sponda sfaldata, o sia già nell'atto di ridursi a tal condizione, mentre, in questo caso, si precipiterebbe essa, in onta al rivestimento, e con lo stesso nel fiume. È perciò necessario di mettere un valido freno agli scalzamenti della corrente, e questo solo è spesse volte sufficiente a proteggere tutta la sponda, atteso che resta impedito allora il progressivo smottamento della medesima, e a poco a poco si forma in appresso colle torbide una novella scarpa, la quale, in grazia del naturale declivio, si sostiene da sè. A premunire le sponde, perchè non vengano escavate al loro piede, noi abbiamo le seguenti difese.

§. 10.

Se, davanti a una ripa sfaldata, l'acqua è profonda, e non vi sia spazio quanto che basta per ripari, detti propriamente di difesa, si deve, presso a codesta ripa, impiantare una *scarpa fondale,* genere di armature per tal caso adoperato in tutti i fiumi reali.

Essa consiste in un solido prismatico di fascine, che corre parallelo con la ripa allo stesso di lei piede, tiene nella sommità una larghezza di 4 fino a 6 piedi (met. 1,20 a 1,80), ha verso il fiume l' inclinazione di 1 fino 1 $\frac{1}{2}$, e non giugne che all' altezza delle acque mezzane. Cotesta scarpa fondale guarentisce affatto la ripa dalle nascoste mine dell' acqua, e quando vuol essere la ripa stessa tutelata anche al di sopra, serve di base ad alcuno dei varii lavori di rivestimento che ho descritto negli antecedenti paragrafi. Si potrebbe del resto paragonarla alla metà di uno degli ordinarii ripari, tagliato per mezzo nel senso longitudinale, e addossato alla ripa colla faccia retta del taglio. La sua esecuzione è simile in tutto a quella dei comuni ripari di fascine. Alla sua impiccagliatura superiore si fa un' incisione nella ripa per ivi collegarla tenacemente al terreno, onde non corra pericolo di essere intaccata dal fiume, e si prosegue l' incisione all' ingiù per tutta la lunghezza del lavoro.

§. 11.

Ma nei rapidi fiumi, che seco travolgono copiosa quantità di ghiaie, queste scarpe fondali non sogliono avere che una corta durata, e siccome involgono inoltre molto dispendio, così là pure dove vanno immuni dal tormento delle ghiaie, la sola stringente necessità può farle preferire agli ordinarii ripari di difesa. In acque di rapido corso convien dunque appigliarsi a materiali più resistenti e durevoli, e questi altro non sono che sassi o pali. Nell' impiego dei primi, se il letto del fiume, nel sito ove cade il lavoro, non si trova consistente, vi si debbono previamente annegare delle pesanti fascine, o delle così dette opere fondali, affinchè i sassi arrivino a posarsi sopra un solido fondamento, altrimenti verrebbono facilmente scalzati dall' acqua, e ingoiati nel fondo. Si copre in tal guisa, lungo la ripa, un tratto del fiume largo da 8 a 12 piedi (met. 2,33 a 3,50), vi si gettano sopra i sassi, e così

si va a formare sott' acqua il piede di una sponda, esente da ogni ulteriore escavazione; e se, oltre ciò, facesse d' uopo difenderla dallo scrostamento al di sopra dell' acqua, si potrebbe per tale oggetto ricorrere a taluno dei rivestimenti superiormente indicati.

§. 12.

Non sempre si rinvengono pietre idonee per tali sassate, in quanto che egli è necessario che abbiano un certo peso, onde l' acqua non abbia poi ad asportarle. In questo caso, non possono adottarsi altre frontali difese, di quelle in fuori che vengono costituite di pali, e che nell' Austria e nella Baviera sono denominate *arche di sponda;* esse molto bene rispondono al loro scopo, ma hanno bisogno di un essenziale miglioramento onde riuscire in pari grado durevoli. La loro struttura si riduce a una schiera di pali piantati nel fondo del fiume, le teste dei quali vanno superiormente collegate con un architrave o corrente. Al tergo della palata si applica un rivestimento o di fascine o di panconi o di tavole, e lo spazio tra questo e la ripa viene empito di terra o di ghiaia, coprendo la superficie di tale riempitura con sassi più grossi, ovvero piantandola di salici, e ben anco lasciandola talvolta affatto ignuda. Codesta palificata è valida certamente a riparare da ogni guasto la sponda, ma siccome più o meno emerge dall' acqua, resta per ciò esposta ai violenti attacchi del ghiaccio, e inoltre la putrefazione la va a poco a poco corrompendo, sicchè le spese della sua manutenzione non possono riuscire che troppo frequenti e troppo considerabili; circostanze tutte, le quali fanno sì che debba limitarsene l' uso a que' luoghi soltanto che sono di una speciale importanza, e in conseguenza tolgono che possa divenire un generale mezzo di presidiare le sponde. Non è peraltro malagevole di correggere nelle arche di sponda quella imperfezione che ne rende breve la durata, e troppo costose le riparazioni.

§. 13.

È noto che il legno non infradicia sin tanto che trovasi tutto coperto dall' acqua. Si stabilisca dunque quella palificata depressa in modo, che il suo architrave o corrente venga a stare sotto il pelo della massima magra, e si tragga di essa profitto destinandola per piede di una regolare scarpa da rivestirsi secondo taluna delle foggie di coprimento antecedentemente indicate, e da cosiffatto sistema ne risulterà una indestruttibile sponda.

La più acconcia maniera di costruire un' arca di sponda di questo genere, è la seguente : si piantino (fig. 14) dei pali in distanza di 3 al più 4 piedi e $\frac{1}{2}$ (met. 0,88 a 1,31), da asse ad asse con una inclinazione di 12 gradi verso la sponda, e si recidano le loro teste 2 piedi (met. 0,58) all' incirca sotto il pelo magro del fiume. Indi si fermi sopra i pali il corrente con caviglie di ferro, essendo impossibile di fare sotto l' acqua i forami alle cavicchie di legno. Per evitare la difficoltà inerente a questa fortificazione, si può anche applicare davanti ai pali, in luogo dell' architrave, una robusta filagna *h* rattenuta da catene e tiranti, che più basso vedremo come esser debbono al di dietro assicurati. È sempre necessario che questi tiranti vengano posti in opera, allorchè i pali si elevano di 6 (met. 1,75) o più piedi sopra il fondo del fiume, al fine di corroborarli contro la spinta del terrapieno che a tergo vi viene innalzato. Si applicano alla scambievole distanza di circa 15 piedi (met. 4,38) sopra l' architrave o sulla filagna, con un incastro a coda di rondine, e si trattengono di dietro in mezzo a due paletti o terraficoli, che sono principalmente incaricati a ritenere la traversa, che passa da parte a parte il tirante, come vedesi delineato nella figura, ove è del pari visibile il taglio a coda di rondine nell' altro capo del tirante. Nell' atto stesso che si tomba lo spazio interposto alla ripa e alla fila di pali, immediatamente al tergo di questa si calino giù delle fascine d' annegamento grosse

un piede (met. 0,29) all' incirca (Sezione terza, §. 15), le quali coprano in qualche larghezza la superficie del fondo, e più sopra, aderentemente alla palificata, non occupino uno spazio maggiore di quanto è necessario per impedire che il materiale della riempitura vada a sdrucciolare tra i pali nel fiume. Se in seguito davanti alla palata venisse escavato il fondo, e tale escavazione, ivi in ogni caso insignificante, si estendesse anche dalla parte posteriore dei pali, allora quegli strati di fascine, che restassero sepolti nella cavità, esser potrebbero molto agevolmente rimpiazzati dall' alto. Non essendovi poi luogo a temere di veruno scalzamento, dietro la fila de' pali, può applicarsi una parete di tavoloni.

L' ingoiamento delle fascine d' immersione, o delle pareti di fascine, derivabile dal caso di qualche escavazione al piede della palata, dovrebbe avere di conseguenza un immediato avvallamento della regolare scarpa, che vi si alza sopra, quando l' unghia della medesima giugnesse fino all' architrave, o sia fino all' orlo superiore della parete di pali. Per impedire siffatto inconveniente deve aver essa principio a una distanza di 3 sino a 4 piedi (met. 0,88 a 1,17) da questo limite. L' avvallamento allora avrà per lo più luogo nell' intervallo *ab*, ove sarà facilmente riparato mediante novello empimento. La scarpa viene consolidata per mezzo di alcuno dei sopraccitati rivestimenti.

La 14.ma figura rappresenta con bastevole chiarezza quest'area di sponda. Sulle teste dei pali posa l'architrave *b*, ovvero, in luogo di questo, la filagna *h* collega anteriormente la palificata. Da questo sino all'unghia *a* della scarpa *ac*, rimane lo spazio *ab*, per potervi ricolmare quell' avvallamento che in ogni caso potesse succedervi. Il fondo, dietro la fila de' pali, trovasi coperto nella larghezza di 6 ad 8 piedi (met. 1,75 a 2,33), con lo strato di fascine, ovvero con una semplicissima opera fondale. Sopra queste, vedesi eretta soltanto una ristretta parete di fascine d' annegamento *db*, la quale serve a impedire la caduta del riempimento

esistente a tergo dei pali. Essa viene innalzata di mano in mano, che si versa il materiale di riempitura.

§. 14.

Vien ora a proposito che si faccia menzione di un metodo d'affondare pali con semplice mazzapicchio maneggiato da 4 a 5 uomini, mediante il quale possono cacciarsi i pali nel terreno quasi a tanta profondità a quanta si perviene con l'aiuto delle mezzane macchine palificatorie; un metodo, che è stato fin qui troppo poco conosciuto, e assai troppo negletto, ed è singolarmente applicabile al caso, di cui abbiamo parlato, giacchè non si richiede che i pali vengano fitti sino ad incontrare il fondo sodo, o che riesca impossibile di farli più oltre penetrare, ma basta che giungano a una discreta profondità. La prerogativa di questo metodo consiste in ciò, che il palo durante il conficcamento rimane aggravato dal peso dei travagliatori, e, occorrendo, da qualche altro peso addizionale, e per tal guisa l' effetto del maglio viene di gran lunga aumentato. Si passa attraverso il palo un bastone di ferro grosso un pollice circa (met. 0,024), e cinque piedi lungo (met. 1,46), e sopra questo si appoggia una specie di pontile, il quale dall' altro capo resta posato alla ripa. Mediante un apposito intaglio, praticato nel mezzo del capo superiore, si fa sporgere il pontile al di là della testa del palo, all' ingiro della quale stanno i lavoratori, e la percuotono col maglio, nel mentre che essi sono in tal modo dallo stesso palo sostenuti. Onde aumentare l' effetto dell' esposto apparato, si può altresì deporre sull' impalcatura un carico arbitrario di pesanti sassi.

SEZIONE QUINTA

DEI RIPARI.

§. 1.

Nell' architettura dei fiumi dicesi *riparo* ogni manufatto, il quale con una estremità si appoggi alla sponda, e con l' altra libero si avanzi nel fiume, ovvero si estenda fino all'opposta sponda, all' oggetto di dare al fiume, o ad una sua parte, una diversa direzione.

§. 2.

Nei varii paesi si diedero differenti nomi ai ripari, di cui però mi astengo di fare il novero, parte perchè non presentano una pura etimologia, parte perchè non sono abbastanza significativi. Qua e là si chiamano eziandio repellenti, e questa denominazione meriterebbe la preminenza in paragone delle altre tutte, se non si volesse estenderla altresì ai ripari, che non sono minimamente destinati a respingere il fiume. Io pertanto adotto per tali costruzioni il vocabolo generale di *ripari*, e, secondo i varii uffizii che debbono esercitare, mi faccio a destinguerli con ispeciali aggiunti.

§. 3.

Vi hanno sei differenti specie di ripari, e sono le seguenti:

1.° I *ripari di difesa,* che sono destinati a difendere la sponda dalle corrosioni.

2.° I *ripari di spinta,* i quali devono spingere il fiume a battere l' opposta sponda, o a sminuire o cacciar via un' isola o un renaio, ovvero anche ad escavarsi l' alveo (*).

(*) Fra noi sono chiamati *pennelli.* (*Nota del Trad.*)

3.° I *ripari di presa*, che hanno per iscopo di produrre a sè d' intorno la deposizione delle torbide, e far sorgere le alluvioni, arrestando, a tale oggetto, le arene e le terre dei fiumi. Io li chiamerei piuttosto ripari di alluvionamento, se questo nome più lungo non fosse e più incomodo.

4.° I *ripari di diversione*, l' officio dei quali consiste nel sottrarre una porzione del fiume dall' intiera sua massa, e indirizzarla per un'altra strada.

5.° I *ripari di divisione* (opere di separazione), che si destinano a tenere l' una dall' altra lontane o divise due correnti di acqua, che tendono a unirsi, ovvero a cangiare la direzione e il sito della loro unione o confluenza.

6.° I *ripari di chiusa*, i quali si alzano attraverso qualche ramo, ovvero attraverso l' intero alveo di un fiume, onde intercettarvi il passo alla corrente. Questi sogliono ancora chiamarsi opere di serramento.

Ben si vede che i diversi ripari fin qui riferiti debbono il loro nome unicamente all' ufficio che sono obbligati di esercitare, anzichè alla loro forma e direzione.

§. 4.

Le tre prime specie di ripari sono tanto fra loro somiglianti, che ciascuna di esse può al tempo stesso subentrare in luogo di una delle rimanenti, o ben anco è atta a rimpiazzare il luogo di entrambe. Un riparo di difesa, e un riparo di spinta, è anche in pari tempo un riparo di presa, il riparo di spinta spesso diventa insieme riparo di presa e di difesa; e un riparo di presa viene sì di rado innalzato per produrre semplicemente il decubito delle materie, che si sarebbe quasi autorizzati a considerarlo, non come una specie particolare di ripari, ma bensì a riguardare il di lui scopo come l' oggetto secondario degli altri due ripari, ove non andasse qua e là collegato a vecchi ripari di piegamento o di

volta, i quali di rado producono alluvione, con la vista appunto di emendare cotale difetto, come vedremo al prossimo §. 9.

§. 5.

Io chiamo qui ripari di divisione que' lavori che furono finora fatti conoscere sotto il titolo di opere di separazione, quantunque, per quanto emmi noto, verun idraulico, prima di me, non abbia loro assegnato un tal nome, ovvero non le abbia annoverate tra i ripari. Però la definizione, che io con altri scrittori ho data (§. 1) de' ripari in generale, quadra perfettamente con esse.

§. 6.

Passo ora a descrivere più davvicino la direzione, lo scopo e l' impiego delle varie specie di ripari, senza però far tuttavia menzione dei materiali, onde vengono costruiti, e di alcune più generali regole, che sono applicabili a tutte le specie di ripari, e che io quindi riporterò più convenevolmente, dopo che si avrà favellato intorno ad ogni singola specie dei medesimi.

Noto pure in precedenza che quella porzione di un riparo che giace alla sponda, e in parte anche nella medesima, si dice il *piede*, la sua estremità giacente nel fiume, la *fronte*, e che la direzione del fianco del riparo rivolto alla parte superiore del fiume è chiamata la *linea di difesa*.

§. 7.

La direzione, secondo la quale i ripari devono estendersi dalla ripa nel fiume, è un oggetto sommamente importante della costruzione de' ripari, e in generale dell' architettura dei fiumi. Per via di essa le tre prime classi di ripari ottengono le seguenti suddivisioni : 1.) *Ripari inclinati alla parte inferiore del fiume*, o sia *ripari di volta* ; 2.) *ripari perpendicolari o retti;* 3.) *ripari rivolti allo insù del fiume.*

§. 8.

1. I *ripari inclinati alla parte inferiore del fiume*, ovvero *ripari di volta*, o anche *ripari declinanti* formano colla sponda inferiore un angolo acuto, come *ab*, fig. 6. Erano essi negli andati tempi in grandissima voga, e in alcuni paesi e da qualche idraulico vennero quasi esclusivamente adoperati. Io però non trovai in verun luogo confermato il vanto, che si è voluto attribuire ai medesimi, quello cioè che ributtino da sè il filone più lungi di tutti gli altri ripari; anzi ebbi campo di osservare per ogni parte il contrario, e vi ho notate le seguenti imperfezioni:

a) Sin tanto che la loro fronte sia giunta alla confacente distanza dalla ripa, esigono una ragguardevole lunghezza, e per ciò appunto riescono più dispendiosi.

b) Non proteggono che assai di rado la ripa superiore, per lo più niente affatto, e sono, in conseguenza, di una efficacia molto limitata.

c) Generano inferiormente controcorrenti, le quali anzi si estendono nello spazio esistente tra la ripa e il riparo, e v' impediscono l' alluvione, anzi sono spesso cagione di corrosioni nella sponda.

d) Quando l'acqua sollevatasi si avventa contro il riparo (giacchè esso, come ogni altro riparo, produce un rigurgito), e lo sormonta, ne discende precipitosamente in direzione perpendicolare all' incontro della ripa, e la rode, in cambio di premunirla e difenderla. Tale pernicioso effetto succede tanto più certamente e in un grado maggiore, allorchè la sommità del riparo non è inerbata e coperta di salici, donde viene rintuzzata e infievolita la veemenza della corrente, che vi precipita sopra.

§. 9.

Si è cercato di ovviare a questo dannoso effetto de' ripari declinanti, coll' unire agli stessi un riparo *bc* rivolto allo insù, e for-

mando così un triangolo chiuso. Con questo espediente resta affatto evitata la controcorrente, e s' impedisce insieme la corrosione della sponda *ac*, che giace nel triangolo. In tal modo per altro per un solo scopo divengono necessari due ripari, ed invero senza che le due prime imperfezioni accennate alle lettere *a* e *b* si trovino ridotte a una miglior condizione. La prima anzi di esse viene ulteriormente ad accrescersi. Inoltre l' interrimento, che si vuol quindi produrre nell' interno del triangolo, non può per lo più che assai lentamente succedere, atteso che è serrato il triangolo da tutti tre i lati. Codesta aggiunta di un riparo da presa, mentre come tale appunto si deve considerarlo, può solamente raccomandarsi per il miglioramento di preesistenti e mal costituiti ripari inclinati. In simile caso, gli si deve dare un'altezza alquanto maggiore di quella del vecchio manufatto, perchè così rimane agevolata la colmatura dello spazio da entrambi racchiuso. Per mia opinione, i ripari declinanti o di volta in soli pochi particolari casi possono riuscire giovevoli, quando, cioè, dare si voglia, per mezzo di essi, una determinata direzione alla corrente, per esempio, superiormente a un taglio, all' oggetto di guidare più vantaggiosamente il fiume verso l' imboccatura del medesimo.

§. 10.

2. I *ripari retti*, o perpendicolari alla sponda (*d*, fig. 6), corrispondono benissimo allo scopo loro, senza avere alcuna delle imperfezioni rimarcate nei ripari declinanti, e sono in conseguenza preferibili a questi sotto ogni riguardo, in quanto che

a) Essi raggiungono la linea, che la loro fronte deve toccare, con la minor possibile lunghezza, e riescono perciò tanto meno dispendiosi ;

b) Difendono molto bene la ripa superiore, e quindi si può tenerli maggiormente lontani uno dall' altro. Qualora si abbia determinata la distanza vicendevole de' ripari per mezzo di un gal-

leggiante, che si getta nel fiume dalla fronte del più vicino superiore riparo (§. 17), si può fissare inferiormente l'impianto del prossimo riparo retto a una distanza, della metà circa più grande di quella che viene additata dal corpo natante;

c) Non producono veruna quasi, e mai perniciosa corrente, la quale venga a impedire il sedimento delle torbide;

d) Rigettano perfettamente il fiume dalla sponda, che in conseguenza proteggono, allontanando dalla stessa quelle corrosioni, che sono troppo spesso generate dai ripari di volta.

§. 11.

Contro i ripari retti si è mosso il rimprovero, che rendono assai profondo il fiume dinanzi alla loro fronte, che attraggono a sè il solco della corrente, o lo diramano e lo bipartiscono in modo, che un ramo giace aderente alla loro testa, l'altro in distanza da essa, e che sono moltissimo esposti ai danneggiamenti dei ghiacci e delle piene. Wiebeking, nella sua Architettura idraulica, si dichiara decisamente avversario di questa maniera di ripari, quantunque nel basso Reno e in Olanda siano stati, dietro suo proprio disegno, applicati, ovunque col più felice successo, dai due rinomati idraulici, il prussiano consigliere di guerra Bech, e l' olandese direttor generale Brunnings, ai quali egli impartisce in ogni occasione e, a dir vero, con tutta giustizia, i più grandi elogii, e da lui stesso vengano frequenti volte proposti i ripari stessi nella citata sua opera. Io trovo pertanto necessario di difenderli da tale rimprovero.

§. 12.

Tutti i ripari possono avanti alla lor fronte dare motivo a escavazioni, quando si trascurino quelle precauzionali misure che si conoscono valide di antivenirle. Volendosi quindi rispondere alla domanda, in quali casi codesti scavamenti abbiano luogo, o come possano essere impediti, o come si possano rendere non pregiudi-

ziali ; la soluzione di tali quesiti non deve esclusivamente comprendere i soli ripari retti, ma deve eziandio riferirsi alle tre prime specie di ripari, qualunque ne sia la direzione.

Allorchè vengono alzati de' ripari in semplice funzione di difesa, ha quasi sempre luogo la circostanza, che il solco della corrente si accolla alla ripa, e genera per ciò appunto la corrosione, che necessario rende il presidio della ripa medesima. In tal caso non è più da temersi alcun attiramento del solco, giacchè i ripari vanno innalzati per entro allo stesso, all'uopo di rimuoverlo dalla sponda.

Ove poi il solco della corrente non si trovi accollato alla ripa, e, ciò non ostante, convenga erigervi de' ripari, questi non sogliono avere altro intento, che quello di circoscrivere il fiume alla sua normale larghezza. In tal caso il fiume non conseguirà questa sola, ma d'ordinario ancora la sua normale profondità, nella quale una divergenza del solco dal mezzo dell'alveo, di rado è seguita da nocevoli conseguenze, e, come ben presto vedremo, può rendersi affatto innocua.

Un accostamento del solco alla sponda è certamente possibile, massime ne' ripari di spinta, ma vi rimarrà senza dannoso effetto, allorquando le fronti de' ripari abbiano una sufficiente inclinazione o scarpa. Quanto più dolcemente vanno esse a terminare nel fondo del fiume, tanto meno verrà questo escavato. Si assegni dunque alle fronti de' ripari una scarpa per lo meno di 2 e $\frac{1}{2}$. Essendo diritta la corrente, il fiume, ridotto alla sua normale larghezza mediante ripari di spinta, scaverà il più delle volte il solco nel suo mezzo, quand'anche dapprincipio l'avesse trasferito più vicino alle fronti de' ripari.

Solo adunque una ripida scarpa, o la total mancanza di questa nelle fronti dei ripari, approfonda il fiume dinanzi alle medesime, e vi attira il solco della corrente. Di ciò pertanto non è colpa la direzione dei ripari, ma bensì la difettosa loro esecuzione e forma, che può e deve evitarsi.

§. 13.

L' opposizione che siano essi al maggior segno soggetti ai rovinosi assalti de' ghiacci e delle piene, può unicamente ammettersi nel caso che essi si spingano molto innanzi nel fiume. Però le circostanze fanno spesso inevitabile un tale allungamento, e in questo caso i ripari declinanti, che avrebbero un' eccessiva lunghezza, non si trovano meno esposti al sovraccennato pericolo. Cercando del resto di scoprire, sulla faccia de' luoghi, la causa dei guasti sofferti dai ripari perpendicolari, si troverà questa ordinariamente risiedere nella loro imperfetta esecuzione o nel loro inopportuno collocamento, e giammai nella direzione loro, e negli effetti che dalla stessa provengono.

§. 14.

Più efficaci ancora dei ripari retti, sono quelli *rivolti alla parte superiore del fiume* (c, fig. 6). Essi vennero in uso più tardi, e pare che siano stati per la prima volta costruiti sul Reno. Con la più felice riuscita furono impiegati in Isvezia nel canale di Linth. La loro direzione forma colla ripa superiore un angolo da 45 a 70 gradi. Io non riferisco ciò menomamente qual regola. Sembra piuttosto che queste diverse inclinazioni abbiano la maggior parte delle volte dipenduto dalle arbitrarie viste dell' architetto. È verisimile che in tutti i casi potrebbe convenire un' inclinazione di gradi 60. L' osservazione e l' esperienza sapranno decidere anche su questo punto.

§. 15.

I ripari retti e quelli facienti angolo acuto colla sponda superiore furono rinfacciati di essere incomodi e pericolosi alla navigazione, ed in vero non senza tutto il fondamento. Per altro non può essere questo il caso, salvochè nelle ripe rientranti, presso alle

quali si trovi la maggior profondità e la maggior velocità del fiume, ed il riparo giaccia isolato, e molto addentro si spinga nella corrente. Se non che tali sponde non richieggono comunemente altri ripari che di difesa, i quali poi si possono fabbricare più corti, e, per conseguenza, a intervalli più brevi uno dall' altro. Il navicellaio allora può facilmente evitare di avvicinarsi di troppo ai medesimi.

§. 16.

Veniamo ora allo scopo ed all' impiego dei ripari.

I. I *ripari di difesa.* Sono questi destinati a guarentire una sponda minacciata di corrosione, o che trovasi effettivamente in istato di corrosione. La fronte loro non deve sorpassare la linea, che determina la normal larghezza del fiume, o, con altre parole, i ripari di difesa non debbono mai restringere la normale larghezza del fiume, perchè altrimenti la sponda opposta verrebbe messa in istato di corrosione, e i ripari di difesa si troverebbono convertiti in ripari di spinta. Se in pari tempo lo scopo di questi ripari esige che, per loro mezzo, venga ristabilita la mancante ampiezza normale, deve la loro fronte toccare la linea, da cui quell' ampiezza resta appunto definita. Quando poi importa solamente di presidiare la sponda, non è mai lecito di assegnare a codesti ripari una lunghezza molto ragguardevole, e si consiglia di erigerne parecchi uno dietro all' altro a piccoli intervalli, parte perchè con una lunghezza molto protratta vanno ad essere più soggetti al pericolo dei danneggiamenti, parte perchè incontrano allora nel fiume una profondità sempre crescente, il che rende a gran pezza maggiore il loro costo.

§. 17.

A tutela di una sponda si richieggono per lo più parecchi consecutivi ripari. In tal caso, necessario si rende di stabilire la *loro*

scambievole distanza in una maniera confacente allo scopo. Si è cercato di scoprire cotesta dístanza, tirando dal punto *a* (fig. 7), ove il piede del primo riparo tocca la sponda, una tangente *ab* alla curvità della medesima, e dalla fronte una parallela *cd* a questa tangente, stabilendo poi per piede del susseguente riparo il punto *d*, dove la parallela incontra la sponda. Quand' anche non si volesse riflettere, che un tal metodo è adoperabile soltanto per una sponda concava e mai per una retta, si scorgerebbe pure che anche per le sponde curve la direzione del filone e del solco, la velocità del fiume e simili altre cose devono spesso rendere questa regola inesatta e inapplicabile. E generalmente una regola, che si appoggia sopra una sola circostanza, come qui, l' andamento della sponda, non può essere applicabile, quando ancora altre circostanze esister vi possono di essenziale influenza.

Ne' casi, in cui una quantità, qui la distanza de' ripari di difesa, non può essere generalmente con tutta esattezza determinata, ed in cui pure codesta esattezza non è tampoco necessaria, l' osservazione ci assicura l' unico quasi e il più fedele mezzo di aiuto. Un idraulico, con la debita attenzione al fiume, sul quale ha da impiantare i proprii lavori, scorgerà ben presto l' intervallo, a cui, sotto differenti circostanze, devono esser posti, uno dietro l'altro, i ripari di questa specie. Oltrecciò avvi un pratico spediente, al quale si può in gran parte affidarsi. Si getta, cioè, dalla punta del riparo dapprima innalzato un corpo galleggiante nel fiume, e si nota il luogo, dove questo va a battere inferiormente la sponda. Ivi si alzi il susseguente riparo, se è desso un riparo declinante. Se poi è un riparo perpendicolare, si può allora piantarlo più lontano la metà circa della trovata distanza. Perchè? L' ho di già detto (§. 10, *b*).

Non è poi necessario di stabilire in questa maniera la situazione dei successivi ripari, perchè vi andrebbe perduto troppo tempo, e basta che si conosca la distanza scambievole dei due pri-

mi, e assumerla a misura comune per la distanza dei rimanenti. In generale posso osservare che ordinariamente una distanza, la quale equivalga otto o dieci volte la lunghezza de' ripari, in un corso retto ben corrisponde all' intento, e che solo in un corso tortuoso deve la stessa di alquanto andare scemata.

I ripari, che vengono eretti in località, ove il corso del fiume è dotato di una maggiore pendenza, estendono di vantaggio la loro efficacia. Questa osservazione per altro non ha per la pratica alcun valore di peso. Poi di rado soltanto è dato di poter scegliere tali località a sede de'ripari. Inoltre tale pendenza è rare volte invariabile, e svanisce troppo spesso in grazia di eventuali circostanze, e talvolta in grazia degli stessi ripari.

§. 18.

Per lo più, all' oggetto di premunire una sponda, si rendono indispensabili più ripari, o sia una serie di essi. In questo caso si proteggono l' un l' altro, e il primo della serie trovasi solo esposto all' immediato investimento del fiume. Convien dunque assegnare a questo una larghezza maggiore, e all' incontro, la larghezza degli altri può essere alcun poco sminuita. Se non che, le circostanze locali accordano in tal caso che si abbrevi per lo più la lunghezza del primo riparo, con che resta altresì aumentata la di lui stabilità. Si può anche presceglierc a primo della serie un riparo di volta, e bene ancora un riparo di ala (§. 36).

§. 19.

Allorchè vuolsi difendere la sponda con un solo riparo, si deve sempre collocarlo in modo che vada ad attraversare il solco della corrente, ovvero il filone, dal quale è la sponda investita. Se ciò si tralascia, il filone trascorre innanzi alla fronte del riparo, e questo rimane senza l' aspettato effetto. Sarebbe, per esempio, un fallo essenziale se il riparo *ac* (fig. 7) stesse nel luogo del riparo *e* superiormente segnato con linea punteggiata, poichè non sarebbe

ivi valido a produrrre effetto di sorta sopra il filone *fg*. Ciò vale appunto pel riparo, che incomincia la serie di parecchi altri, atteso che altrimenti esso starebbe inoperoso al suo posto. Si vada eziandio guardinghi di situare un riparo precisamente dinanzi a qualche profondo gorgo e sull' orlo del medesimo, giacchè al sopraggiungere della piena potrebbe facilmente venire precipitato in quello, avanti che ne potesse effettuare il riempimento.

§. 20.

L'altezza dei ripari di difesa viene fissata in dipendenza dello scopo loro, che è quello di guarentire la sponda dalle corrosioni. Questo intento si ottiene completamente, allorquando il piede della stessa è ben riparato. Se anche poi l' orlo superiore della sponda venisse assalito, ciò avrà luogo soltanto finchè siasi stabilito il competente pendio della scarpa, mercè il quale possa questa inerbarsi e sostenersi da sè medesima. Quindi i ripari di difesa, supposto che siano unicamente tali, e non debbano in pari tempo prestarsi ad altro effetto, sono alti abbastanza, quando emergono dalle acque mezzane 1 e $\frac{1}{2}$ sino a 2 piedi (met. 0,44 a 0,58). Così hanno bisogno di una minore larghezza, risultano più economici, e corrono meno rischio di essere danneggiati.

§. 21.

II. *Ripari di spinta* (pennelli). I renai, le isole, e i bassi fondi nelle acque dei fiumi, portano seco le più svantaggiose conseguenze. Il fiume piglia sovente una irregolar direzione, e comincia quindi da un lato a formare una curvatura, il pernicioso effetto della quale cresce continuamente a misura che diventa più grande, intanto che dalla opposta parte mette la base a un banco di sabbia o renaio, il quale a poco a poco si alza, e viene a costituire una nuova solida sponda. Egli è necessario per tanto il rimuovere le secche, i renai e le isole all' oggetto di cor-

reggere il corso del fiume. Spesso ancora è mestieri di mettere in corrosione la sponda naturale per dar con ciò al fiume una più confacente direzione. Ordinariamente ciò non suole aver luogo, salvochè sottraendo al fiume una parte dello spazio da esso occupato, e spingendolo a riacquistarselo mercè la propria forza a spese degli oggetti che vengano riconosciuti dannosi, e che per conseguenza esser devono sgombrati ; e a questo fine i ripari di spinta sono il mezzo più confacente e più efficace.

§. 22.

Una eccessiva larghezza del fiume diminuisce la sua profondità, in quanto che cagiona l' interrimento dell' alveo. Il fiume di bel nuovo si escava, allorchè vien ridotto alla sua normale ampiezza, al quale oggetto sono i ripari pressochè sempre l' unico mezzo da impiegarsi, e in simile caso a me sembra che non si debba altramente chiamarli che col nome di ripari di spinta. Atteso che sia che debbano scacciar via o una ripa, o un renaio, o un' isola, ovvero una parte del fondo coperta dall' acqua, è incontestabilmente lo stesso per riguardo alla idea da formarsi dei ripari di spinta.

§. 23.

Prima di fissare il sito e la lunghezza dei ripari di spinta, convien che sia esattamente conosciuta la normale ampiezza del fiume ; mentre non può un riparo di spinta riuscire efficace, o piuttosto non può un riparo diventare riparo di spinta, che quando riduce il fiume alla sua normale, o ben anco ad una eziandio minore larghezza. Volendosi dunque rimuovere un' isola, o un renaio, giaccia questo in mezzo del fiume, ovvero alla sponda di esso, si tirino le due linee di sponda a tal distanza una dall' altra, che eguagli la larghezza normale, in guisa che gli oggetti da spingersi via, cadano per entro a queste due linee, e indi si costruiscano i

ripari tanto innanzi nel fiume, che tocchino colle loro fronti le linee medesime. Il fiume così circoscritto discaccierà ben presto gl' ingombramenti, che esistessero fra quelle linee per acquistare di nuovo quello spazio sottrattogli, che è indispensabile al convoglio delle sue acque. La fig. 8 serve a rischiarare quanto si è detto. Il renaio *abc* ha cagionato nella opposta sponda una corrosione, e l' isola *de* ha da entrambe le parti dato motivo a somiglianti corrosioni. Le due parallele *acg* e *hik* mostrano le fissate linee di sponda, e chiudono tra loro il banco di sabbia e l' isola, giacenti entro la normale ampiezza da esse limitata. Il fiume, viene dai ripari di spinta *mmm* sviato dagli spazii che stanno fuori di quelle linee, e deve pertanto, onde riconquistare il sottrattogli spazio necessario al volume delle proprie acque, rompere e trascinar via l' isola ed il renaio.

§. 24.

È ovvio a scorgersi, che per mezzo dei soli ripari di spinta non si può sempre pienamente ottenere l' intento, e che il loro effetto si deve inoltre promuovere con qualche altro espediente. A ciò appartiene in principal modo l' incisione trasversale delle isole prodotta possibilmente sino al pelo di massima magra, il dissodamento della loro superficie, e l' estirpazione delle piante, che vi esistessero sopra. I due ultimi mezzi vanno eziandio praticati sui banchi di sabbia presso le ripe, ove si fossero di già inerbati, e avessero acquistato un certo grado di consistenza. Quando i repellenti vengano ad avere tanta lunghezza, che eseguiti in una sola volta chiuderebbono tutto il braccio, che divide dal suolo l' isola da espellersi, non bisogna portarli innanzi che a grado a grado, ed a misura che l' isola si rompe, atteso che, altrimenti, il corrente verrebbe da questa parte interrotto, o sia darebbesi motivo ad un pernizioso rigurgito del fiume, pria che seguir potesse l' escavazione dell' alveo, o la distruzione degli oggetti che lo ingombrano.

§. 25.

La circoscrizione del fiume alla sua normale larghezza non è sempre bastante a far conseguire lo scopo testè appunto indicato. L' area della sezione di un fiume è il prodotto di due quantità, la larghezza e l' altezza o profondità. Non di rado avviene che il fiume, limitato a mezzo dei ripari di spinta, si escava il fondo senza dare l' assalto alle isole e renai, che dovrebbe sgomberare dal proprio cammino, poichè in tal maniera, pel ristabilimento dell' area della sua sezione, non ha guari bisogno di quella normale ampiezza che gli venne assegnata. Allorchè dunque lo smuovimento superficiale e l' escavazione per traverso rimangono senza effetto, o se questo, anche dopo lungo tratto di tempo, non segue (giacchè sovente l' approfondamento ritarda soltanto lo sgombramento, e non lo impedisce), altro mezzo non resta che di restringere vieppiù il fiume a forza di prolungare i ripari. A effetto compiuto, si può, occorrendo, riaccorciare di altrettanto i ripari, senza che perciò si abbia a temere la sussistenza della causa di nuove isole e banchi di sabbia, stante che il fiume, occupando allora la sua normale larghezza, verrà a colmare il soverchio approfondamento in sulle prime operato, e manterrà nel seguito libero da ogni impaccio il proprio suo corso.

§. 26.

La distanza scambievole dei ripari di spinta vuol esser minore di quella dei ripari di difesa, poichè se troppo grandi ne fossero gl' intervalli, la corrente vi si espanderebbe di soverchio, e in cambio di portar via gli oggetti giacenti dinanzi a quegli ampi spazii, li lascierebbe sussistere. Qui naturalmente si deve in gran parte dipendere dal grado di cedevolezza o di consistenza del loro composto. I ripari del resto, sin tanto che abbiano prodotto

il loro pieno effetto, vanno conservati in buon stato, e se mai avvenisse che si sprofondassero, convien di bel nuovo rialzarli.

§. 27.

L' effetto dei ripari di spinta non va a cessare che quando lo spazio ad essi interposto siasi tramutato in sodo terreno di sponda. Quindi codesti ripari inchiudono anche sempre l' ufficio dei ripari da presa, e l' alluvione, che ne risulta, devesi diligentemente coprire di piante. Di singolare efficacia sono a quest' uopo le siepi intessute (*n n n* nella fig. 7) condotte dalla sponda verso il fiume negli spazii frapposti ai ripari, delle quali darò in seguito più circostanziato ragguaglio. Le stesse anzi giovano talvolta a conferire ai ripari di spinta il competente grado di attività, quando, in causa della loro eccedente distanza, non si mostrassero capaci di produrre appieno il divisato effetto. In fiumi più piccoli e meno profondi, oltre a queste siepi piantate negli intervalli de' ripari, se ne possono collocare delle altre, che giungano da una fronte a quella del successivo riparo parallelamente al filone, e si verrebbe per tal modo a tracciare la futura linea di sponda. In questa maniera sarà essenzialmente promosso e sollecitato l' effetto de' ripari, e la formazione di un alveo più escavato e regolare.

§. 28.

Rispetto alla direzione de' ripari di spinta, se, cioè, debbano essere o declinanti, o retti, o rivolti allo insù, vale pienamente quanto su tale proposito è stato riferito (§. 8 sino §. 15), vale a dire che i ripari inclinati alla parte superiore del fiume meritano la preminenza, e che i ripari declinanti sono appunto quelli che meno di tutti vogliono essere raccomandati.

§. 29.

Non potendo i respingenti spiegare la maggiore energia, salvo che in acque alte, hanno per ciò da essere portati più in alto di tutti gli altri ripari. Senza contrasto produrrebbero essi il più sollecito effetto, ove si potesse innalzare la loro sommità sino al livello delle massime piene. Ma nella maggior parte dei casi risulterebbono in tal guisa i ripari troppo elevati, esorbitantemente costosi e niente affatto durevoli. Basta per lo più che abbiano un' altezza, la quale soprasti di 4 a 5 piedi (met. 1,17 a 1,46) il pelo delle acque mezzane. L' idraulico non può qui derivare la sicurezza delle proprie operazioni, se non che dalla conoscenza della natura del fiume, sul quale ha egli da fabbricare, e dalla qualità del suo letto, e delle piene che vi hanno l' accesso. Se le sponde fossero depresse in modo che i ripari di spinta, eseguiti sino al pareggio della loro altezza, non fossero atti a produrre un bastevole effetto, non rimarrebbe altro mezzo che di erigere un argine lungo gli stessi, onde per tal maniera, al sopraggiungere delle piene, poter impiegare una colonna d'acqua più grande nel- l' approfondamento dell' alveo, o nella rimozione degli oggetti che stanno ad ingombrarlo.

§. 30.

Quando i ripari di spinta hanno una lunghezza ragguardevole, si deve evitare di farli alti a segno, che le piene non possano sormontarli e trascorrervi sopra, perchè altrimenti si viene a formare lungo il loro fianco superiore una corrente, la quale escava un solco, che non si giunge mai a saziare. Ove ciò accada, egli è sempre un sicuro indizio che il riparo è troppo elevato, e che deve in conseguenza ridursi a una minore altezza.

§. 31.

Un chiaro scrittore idraulico pretende che si debba dare ai ripari, che esso ammette sempre perpendicolari alla sponda, un profilo longitudinale, il quale venga in pari tempo a stabilire la regolar sezione del fiume, facendoli, cioè, andare molto innanzi nell' alveo con uniforme pendio, ed anche molto sotto la superficie delle sue acque. Circa la convenevolezza di siffatto progetto, quando si voglia prescindere dalla sua inseguibilità, non c' è nulla da opporre. Ma come si debbono attuare codesti ripari? Io vorrei veder fatto tale sperimento, per esempio, sul Reno, in una normale ampiezza di 1000 piedi (met. 292), e in una profondità di soli 20 a 30 piedi (met. 5,80 a 8,75) (essa vi arriva talvolta a 80 piedi) (met. 23,35). Per buona sorte, senza bisogno di un espediente cotanto malagevole, o impossibile a mettersi in opera, è dato di poter avvicinare il profilo del fiume al suo normale profilo fino al grado che occorre per lo scopo che si vuole raggiungere. Imperocchè, qualora si allontani il filone dalla sponda, ed il fiume venga ridotto alla sua normale larghezza, questi il più delle volte si forma il profilo da sè, e in guisa tale da non avere ulteriormente bisogno di verun essenziale miglioramento.

§. 32.

III. I *ripari di presa* hanno per iscopo di effettuare il sedimento delle torbide negli spazii, di cui si trovano fra loro disgiunti, ed in questa maniera fornire alla sponda una golena, la quale in seguito può essere gradatamente colmata in guisa che si spiani all' altezza della sponda, e subentrare possa in luogo della medesima. I ripari di difesa e quelli di spinta, dovendo contemporaneamente produrre eziandio questo effetto, sono in conseguenza anche ripari di presa. Per tal ragione noi abbiamo qui da fare con queste tre sorti di ripari, però in riguardo soltanto alla

loro idoneità formare deponimenti di terra e d' altre materie, la quale pressochè tutta dipende dalla direzione, secondo cui vengono i ripari avanzati dalla ripa in seno alle acque del fiume.

§. 33.

Ho di già fatto menzione che i ripari declinanti a, monte poca o nessuna alluvione promuovono, e a valle, qualora, con l' aggiunta di un secondo riparo, non vengano atteggiati a triangolo chiuso, producono in quella vece corrosioni di sponda. Non possono dunque essere adoperati nella qualità di ripari da presa, salvo che i retti e quelli rivolti allo insù. Effettuano questi il decubito delle materie in ambe le direzioni. Ho veduto ripari di questo genere, di soli 36 piedi (met. 10,50) in lunghezza, e alla scambievole distanza di piedi 400 (met. 116,75) presso una sponda diritta, produrre in una sola estate un completo alluvionamento, e, per vero dire, in modo così regolare, da far credere che avrebbono molto bene corrisposto al loro intento anche in maggiore lontananza uno dall' altro. I sedimenti da essi operati prendono d' ordinario la configurazione di un' isola, atteso che appena le materie cominciano a decubitare, producono i ripari intorno alla loro fronte, e lungo la sponda una piccola corrente, ove le torbe vanno più tardi a depositarsi (fig. 7.ª). Da ciò per altro non deriva alcun notabile svantaggio, giacchè anche il canaletto radente la sponda, eccettuati pochissimi casi, s' interrisce alla fine, ovvero può essere a ciò facilmente condotto per mezzo di una siepe *h* piantatavi per traverso (*nn* fig. 8).

§. 34.

Non posso lasciare inosservato il caso di alcuni ripari da presa facienti angolo acuto colla ripa superiore lunghi 200 fino 300 piedi (met. 58 a 87), i quali vennero squarciati, prima che avessero potuto produrre una completa alluvione. La causa di tale squar-

ciamento derivò certamente dal fiume, il quale, nell' ampio spazio tagliato da questi ripari, doveva necessariamente produrre violenti vortici e controcorrenti, e cagionare in conseguenza quel rovinoso effetto, avanti di farsi a colmare lo stesso spazio colle proprie materie. Anche i ripari soverchiamente lunghi producono d' ordinario l'alluvione vicino affatto alle loro punte, da dove, in seguito, non si propaga che assai lentamente, e talvolta non giugne mai a toccare la sponda, e rimarrebbe una perfetta isola, se per mezzo del riparo non fosse unita al continente, formando in conseguenza una penisola. Quando si abbiano dunque sufficienti motivi per fabbricare ripari lunghissimi, caso che ben può talvolta avvenire, si procederà, dietro mio convincimento, con la massima convenienza, se si porteranno alla divisata lunghezza solamente passo passo, a misura che si avanza l'alluvione da essi promossa, e in questa guisa si va sempre sottraendo al fiume uno spazio, che egli può interrire ben presto e totalmente, senza cagionarvi vortici distruggitori.

§. 35.

I ripari di presa fanno sorgere le alluvioni tanto più sollecitamente, quanto più sono bassi. Funke anzi pretende che debbano avere la sommità sotto il pelo magro del fiume. Io reputo che convenga il meglio di piantarli solamente un piede (met. 0,29) all' incirca sotto le acque magre, e di andare innalzandoli a grado a grado sinchè l' interrimento, che ne risulta, si trovi pervenuto alla loro altezza. Questo metodo non potrebbe del resto rendersi necessario, se non che nei fiumi che interriscono difficilmente e con molta lentezza. L' altezza dei ripari di spinta viene a impedir meno il loro effetto nella qualità di ripari da presa, perciocchè mettono contemporaneamente in moto una quantità di materie fluviali, le quali vanno in parte a depositarsi tra loro.

§. 36.

Andiamo pertanto a vedere ciò che in generale si riferisce a queste tre specie di ripari.

I ripari, principalmente i retti, sogliono premunirsi talvolta con delle ali, che si dispongono a seconda della corrente (*tu* fig. 8). Allora si dicono *ripari di ala*. Sono spesso giovevoli quando si vuol conferire al fiume una direzione più determinata, ovvero quando, indotto da qualche accidentale circostanza, si piega il fiume intorno alla testa del riparo, e ricade inferiormente troppo vicino alla sponda. Talora possono anche con successo impiegarsi nei punti, ove il fiume trovasi munito di ripari da ambe le parti, e due di questi, perchè non istanno precisamente uno rimpetto all'altro, vengono a cagionare una deviazione del solco dal retto o regolare suo andamento. Si munisca allora il riparo, che giace più sopracorrente, con un'ala *tu*, la cui punta *u* guardi direttamente la punta o fronte del riparo stabilito nella sponda contrapposta. S' intende da sè che si deve evitare quest' ultimo caso, e che un abile architetto d' acque non ha mai da esser posto nella necessità di ricorrere a cosiffatto rimedio, salvo che per lo miglioramento di manufatti già esistenti.

Si hanno altresì ripari configurati ad arco dalla periferia del quadrante fino alla mezza circonferenza, ripari ad ancora, ed altri. I lettori, che amassero di averne particolare contezza, potranno esser paghi di trovarla nelle antiche scritture idrauliche. Io credo di poterli passare sotto silenzio, dappoichè li reputo affatto inutili.

§. 37.

Non devesi mai alzare un riparo presso una ripa saliente, attesochè questa già tiene il luogo di riparo. In tal posto esso non potrebbe cagionare che danno, attesochè farebbe che tanto più

presto andasse corrosa l' opposta sponda rientrante, già per sè stessa soggetta al pericolo di venire intaccata.

§. 38.

È utile di dare alle tre sin qui accennate specie di ripari una tenue pendenza dal loro piede sino alla fronte, cosicchè questa si trovi dalle piene inondata prima di quello. Il fiume viene con ciò più destramente divertito dalla ripa. Siffatta pendenza può importare da uno a due piedi (met. 0,29 a 0,58), a norma della lunghezza e dell' altezza de' ripari.

§. 39.

Possono fabbricarsi i ripari con fascine, con sassi o con legname, ovvero con l'impiego simultaneo di due o di tutte tre queste specie di materiali. Vennero finora comunemente preferite le fascine, perchè sono appunto adattate anche per le maggiori profondità. L' esperienza per altro ha repristinato nelle antiche loro prerogative i lavori di sasso; e sono essi, ovunque non muova ostacolo la penuria delle pietre, da presceglersi in confronto delle fascinate, per la costruzione di ripari, singolarmente in que' fiumi che travolgono grosse ghiaie, e lacerano con queste le fascine.

Siano i ripari costruiti di fascine o di sassi, si assegni loro nel fianco rivolto alla corrente una *scarpa* di uno e mezzo, nel lato inferiore di uno, e nella fronte di due sino a due piedi e mezzo. In ordine alla loro *altezza*, oltre quanto su tale argomento è già stato riferto, si deve prendere in considerazione anche la necessità di rendere vegetanti tutte le opere di fascinaggio, e di mantenere in istato verde la loro superficie. Se di frequente ed a lungo stanno sott' acqua, non vi allignano salici di alcuna specie ; se a quella di gran tratto soprastanno, questi s' inaridiscono. A quale altezza ciò accada, dipende in gran parte dalla qualità delle materie, onde si coprono i singoli strati di fascine, e dalla specie dei salici adope-

rati per la piantagione. Nella varietà delle circostanze che hanno qui essenziale influenza, non è dato qui pure di poter impartire alcuna valida regola generale, e soltanto le osservazioni locali e gli sperimenti possono su questo oggetto competentemente decidere. Per quanto concerne la *larghezza* dei ripari di fascine, nel Reno, nell' Elba, nella Wesera, e in simili fiumi reali, si dà loro a livello delle acque medie una larghezza di 18 a 22 piedi (met. 5,25 a 6,42). Questa misura è sufficiente anche nei fiumi più rapidi. Benchè debbano in questi ultimi resistere contro un urto più grande dell' acqua, il repentino scioglimento del ghiaccio, in grazia della sua minore grossezza, vi è per altro meno rovinoso, ed è questo invero il nemico più formidabile deiri pari. Nei piccoli fiumi basta una larghezza in sommità di 8 a 12 piedi (met. 2,33 a 3,50). Pe' ripari di sasso è per lo più sufficiente la metà di codesta larghezza, e nei fiumi di rapido corso, o dove sogliono aver luogo impetuose irruzioni di ghiaccio, bastano tutt'al più i tre quarti della stessa larghezza.

§. 40.

I'ripari composti di fascine sogliono nei rapidi fiumi tanto più facilmente restare denudati del loro materiale di coperta, in quanto che, in vista della forma e direzione che hanno, le piene vengono ad invaderli da ogni lato, ed a sorpassarli, sconcertandone tutta la sommità. Si deve quindi coprirli sempre coi ciotti più voluminosi, che il fiume somministra, e framezzo agli stessi conficcare dei robusti piantoni di salice, i quali per ciò non saranno già tardi a metter radici, e venire in crescenza. Questi servono allora a rattenere i ciottoli, che coprono e difendono la sommità del lavoro, i loro interstizii vengono riempiti di arena e di limo, e la superficie del riparo acquista quindi una perfetta consistenza. Anche delle basse siepi lungo la sommità del manufatto sono grandemente efficaci a mantenervi immovibile il materiale di coprimento.

§. 41.

I ripari di sassi gettati alla rifusa devono basarsi sopra un suolo di fascine, affine di render difficile lo scalzamento del fondo. Compete agli stessi la scarpa di piedi uno e mezzo sino a due e mezzo, secondo che il fiume va ad affrontarli con piede più tardo o più ratto. Sulle pendici, vengono poste delle pietre di maggiori dimensioni. I vani, che vi restano in mezzo, si colmano di ghiaia minuta. Contenendo questa poco di limo, vi si mescoli della terra, affinchè i salici, che vanno piantati negl' interstizii delle pietre tanto delle scarpe, come della sommità del riparo, possano agevolmente introdursi e contenervi le loro radici. Queste piante, pigliando vita e vigore, penetrano tutto il corpo del riparo, e gl' impartiscono un grado tale di fermezza, che lo rendono capace di resistere a tutti gli assalti del fiume. Io ho costruito sul Meno in questa medesima guisa dei ripari, i quali da vent' anni sono rimasti illesi da qualsivoglia danno, e senza che abbiano costato la più piccola spesa a titolo di manutenzione. Taluni riprovano affatto i ripari di sasso, perchè non sogliono riuscire abbastanza durevoli, e, ove vengano scomposti, recano grave guasto ai letti de' fiumi navigabili. Nei fiumi per altro di mediocre velocità non meritano essi siffatto rimprovero, e in certe condizioni locali si deve stimarsi ben fortunati di poter lavorare coi sassi ; e nei fiumi realmente veloci, la convenevolezza di quel rimprovero svanisce del tutto, purchè si abbiano alla mano sassi di mole sufficiente da poter contrastare al prepotente impulso delle acque. Questo intento si otterrà sempre, qualora si lastrichino diligentemente le pendici del riparo dal pelo della magra all' insù, e in tale operazione si scelgano le pietre di maggior volume per que' punti che sono più esposti a ricevere le percosse e gli attacchi della corrente. Tanto nei rapidi fiumi, come in quelli non rapidi, basta in sommità una larghezza tutto al più di 12 piedi (met. 3,50), e comunemente di piedi otto (met. 2,33).

La minor grossezza del ghiaccio nei fiumi di veloce corso, vi rende sufficiente quella solidità de' ripari, che si richiede appunto per i fiumi che hanno un corso più lento. La scarsezza del legname da fascine, e il basso prezzo delle pietre mi determinarono a costruire sul Meno dei ripari con sassi non grandi lanciati alla rifusa, e, come riferirò in seguito, dei ripari ancora più deboli, i quali per un discreto lasso di anni, senza patire danno di sorta, hanno resistito a tutte le piene e a tutte le repentine irruzioni del ghiaccio.

§. 42.

Non sempre si fabbricano i ripari, particolarmente quelli di semplice presa, alti in guisa, che le loro creste non si trovino di sovente inondate dalle acque, o che non possano esser raggiunte dalle ghiaie, che dalle stesse acque vengono rotolate. Allora le piantagioni non vi hanno prospera riuscita. In tal caso, giova il ripiego di selciare la cresta e le pendici del riparo a quella maggior profondità che permette l' altezza dell'acqua, purchè del resto i sassi non siano tanto angolati ed informi, che non possano prestarsi alla conformazione di un lastrico regolare, nella qual circostanza si deve almeno supplire al difetto della regolarità col rinzeppare accuratamente tutti gl' interstizii con sassi più piccoli o scaglie, all' oggetto di rendere inamovibile tutto il sistema.

§. 43.

Qualora non si rinvengano pietre di bastevole grandezza per poterle adoperare nella confezione de' ripari sopra un rapido fiume, fa d'uopo assolutamente ricorrere alle fascine ; ma poichè vengono queste troppo accanitamente tormentate dalle ghiaie, devesi in qualche modo cercare di premunirle appunto contro siffatto flagello. Il più efficace mezzo sembrami quello di circondarle con una fila di pali posti alla distanza di piedi due e mezzo (met. 0,75) da vivo a vivo, le teste dei quali vadano recise sotto il pelo della

massima magra. Questo circondamento non è necessario che verso l' estremità anteriore del fianco sopracorrente e attorno la punta del riparo, e perciò non viene che di poco ad aumentare la spesa. Si può fare l'obbiezione, che la massa delle fascine, dovendo avere al lembo inferiore aderenti i pali, resterebbe impedita di assettarsi completamente sul fondo, e con ciò correrebbe rischio di venire escavata per di sotto. Ma da tale inconveniente difendono in parte gli stessi pali, e per l'altra parte potrebbe la fronte andare aggravata col mezzo di pesanti ciottoli, i quali, guardati dai pali perchè non isdrucciolino giù, o sia perchè non vengano dal fiume asportati, sarebbero in grado di bilanciare la resistenza opposta dai medesimi pali all'assettamento della fascinata. Forse potrebbonsi anche mettere in opera i pali allora soltanto che la scarpa del riparo fosse stata rosicchiata dalle ghiaie, perchè, in tal caso, non possono più essere spinti dall' ammasso delle fascine.

§. 44.

In Austria ed in Baviera s' incontrano anzi frequentemente, che no, dei ripari di semplici palificate, le quali vengono nell' interno riempite di ghiaie e di sassi. Questi per altro non sono il più delle volte, salvo che cortissimi ripari di difesa, i quali molto di rado ancora effettuano un' alluvione. Se si volessero poi di vantaggio protratti nel fiume, sarebbe molto ardua l' impresa di renderli a lungo durevoli, e le spese della loro manutenzione sarebbono senza dubbio eccessive, poichè allora i pali e i loro architravi, che soggiaciono inevitabilmente alla contaminazione per la frequente alternativa dell'umido e del secco, si troverebbono maggiormente esposti ai violentissimi irrompimenti del ghiaccio. Sono adunque cosiffatti ripari da raccomandarsi unicamente per quelle località, ove lo scopo è conseguibile con ripari di assai limitata lunghezza, e in questo medesimo caso gli architravi o correnti,

che servono a collegare le teste de' pali, dovrebbono esser tenuti sotto il pelo della massima magra, affine di sottrarli al ghiaccio ed alla putrefazione. La loro sommità emergente dall'acqua dovrebbe andare compiuta di sassi con declivio assai dolce.

§. 45.

Nei rapidi fiumi, in vicinanza alle saline meridionali della Baviera, venne posto in opera un genere di ripari di legno, che producono il più vantaggioso effetto, e possono in conseguenza essere raccomandati per simili circostanze locali.

La testa di questi ripari consiste in un cassone formato di travi non digrossate in figura di piramide tronca, largo in base 12 sino 15 piedi (met. 350 a 4,38), e lungo da 20 a 24 piedi (met. 5,84 a 700) (fig. 9. e 10, dove *ab*, fig. 9, rappresenta il cassone di fianco, e la fig. 10 lo rappresenta guardato dall' alto). Il suo interno si empie di grosse ghiaie fluviatili. La rapida corrente lo scava ben presto per di sotto, e lo porta a profondarsi. Quantunque volte tal effetto succede, il cassone va rialzato al primitivo livello, mercè la sovrapposizione di nuovi ordini di travi. Se in causa dell' affondamento esso declinasse dalla sua giacitura orizzontale, locchè suole frequentemente accadere, vien questa ristabilita, adattando sul fianco, che si fosse di più abbassato, un numero maggiore di travi. Io ho veduto uno di questi cassoni di fondazione (così sono chiamati) seppellirsi nel fondo per ben 30 piedi (met. 8,75). Formano essi in tal guisa un indestruttibile capo saldo, al quale si possono con pienissima sicurezza attaccare degli altri lavori. La parte del riparo, che unisce il cassone alla sponda, consiste in una parete di tavoloni inclinata, la quale nomasi ponte. Fissata la direzione, si pianta nel prolungamento del fianco sottocorrente del riparo una schiera di pali *c c c* (fig. 9. e 10.) distanti uno dall' altro 8 piedi all' incirca (met. 2, 33), nell' estremo superiore dei quali vien tagliato un incastro obliquo, destinato a

ricevere il capo del puntello inclinato *de*, che raggiunge il fondo del fiume sotto un angolo di 45 gradi. Sulla faccia superiore della palata si chiodano a eguali distanze delle assicelle, e tutto lo spazio racchiuso nel triangolo risultante dalla sezione di questo così detto ponte, viene imbottito con fascine di abete alternate con strati di pietre. Sul dorso dei puntelli si adatta un semplice rivestimento di tavole d' inferiore qualità, al qual uopo si scelgono i così detti scorzoni. Conciossiachè trasportano questi fiumi una immensa quantità di materie, i descritti ripari effettuano l' alluvione con molta sollecitudine, e spesso in una sola escrescenza rialzano il fondo di parecchi piedi. Vestendo l' alluvione di piante (ove ciò non riesca superfluo in causa del loro spontaneo nascimento), raggiunge essa tanto più presto l' altezza che occorre, perchè divenga valida a compier l' uffizio di una novella sponda, e allora i cassoni di fondazione rimangono tuttavia necessarii per la conservazione di essa; se non che puossi talvolta rimuovere la parte posteriore del riparo (il ponte), e impiegarla ad altri usi, con che la spesa del legname occorrente per tale armatura resta notabilmente diminuita. Nelle località che abbondano di legname, e nei fiumi di corso veloce, questa foggia di ripari è molto opportuna, e merita per ciò di essere distintamente raccomandata. Nella fig. 11 vedesi in più piccola scala delineata la pianta del ponte *ab* col cassone *A* al vertice; la fig. 9 rappresenta in iscala più grande in *ccff* il prospetto anteriore del ponte, in *cc* i pali coi loro incastri obliqui, e nella sezione trasversale del ponte si vede in *de* il puntello inclinato al palo verticale *cc*, le tavole che sopra vi sono chiodate, le assicelle applicate ai pali dalla parte interna, e nello spazio intermedio la imbottitura.

§. 46.

In fiumi di lento corso trovansi i manufatti meno esposti a pericoli, e purchè si agisca cautamente e con riflessione, e parti-

colari circostanze locali porgano motivo e giustificazione, si può talvolta cimentare un genere di struttura, che ripugnar sembra alle comuni regole di architettura. Io, per esempio, alzai sul Meno dei ripari di difesa con semplice terra, la scarpa dei quali è rivestita con una sassaia dello spessor di 3 piedi (met. 0,88). Lungo una ripa concava, estesa per 3400 piedi (met. 982, 32), ho stabilita una scarpa di sponda, nel luogo di un ripidissimo ed in gran parte distrutto rivestimento di sassi, per cui l' angusta strada, che ne rendea transitabile la sommità, era divenuta oltremodo periolosa. Presidiai il piede di questa scarpa con alquanti ripari di volta. I sassi, che il vecchio rivestimento della sponda era in caso di somministrare, non avrebbero bastato all' esigenza di ripari di sasso, nè io poteva allora aggravare la spesa con l' acquisto di nuove pietre. Diedi loro la forma e grandezza rappresentata nelle fig. 12 e 13. Si alzano di 5 piedi (met. 1,46) sulla superficie media del fiume, e posano sopra un fondo naturalmente sodo, il quale non può essere corroso e scalzato dall' acqua. Sono totalmente riempiti, e la sommità e le pendici loro, siccome pure tutta la scarpa della sponda sino all' altezza dei ripari, sono guernite di piante. Da dodici anni non venne loro recato alcun guasto nè in causa de' ghiacci, nè in causa delle piene, e hanno sotto ogni riguardo corrisposto alla mia aspettazione. Se avessi del resto da costruire novellamente codesti ripari, darei loro piuttosto la forma di un mezzo cerchio. Ciocchè in me vinse ogni perplessità verso codesta, in apparenza debole, costruzione, egli si fu una osservazione, che mi accadde di fare in diversi punti del Meno. Gli abitanti di varii villaggi situati alle sponde di questo fiume raccolgono le pietre dissotterrate sui campi dall' aratro, e le gettano poi in qualche sito della sponda nel fiume, donde nasce un cumulo, per lo più informe, dal quale si promettono difesa contro le corrosioni, e di rado vanno delusi nella loro speranza. I ghiacci e le piene dispongono codesti cumuli in dolce pendenza, le sabbie e le bellette

vanno ad empire tutti i loro interstizii, e parecchi se ne veggono, che nel lasso degli anni si vestirono inoltre di una densa cotica erbosa. Eppure non hanno questi sassi per lo più che la grossezza di un pugno. Osservazioni pratiche di questo genere, per far le quali non si deve trascurare alcuna occasione onde giugnere alla conoscenza della natura di un fiume, riescono sovente per l' esecutiva architettura di maggior valore, che qualche volume in quarto puramente teorico, ovvero anche teorico-pratico.

§. 47.

IV. I *ripari di diversione* essendo fabbricati di rimpetto al filone, si destinano a intercettare la corrente, e per lo più una sola porzione di essa, e indirizzarla secondo un altro cammino. Il loro impiego ha luogo, nell' approfondamento e nel dilatamento de' solchi della corrente ; per la confacente partizione dell' acqua nelle diramazioni de' fiumi ; presso i molini, per condurre l' acqua ai medesimi, e, più ordinariamente che altrove, nei tagli (Vedi nella fig. 18 i ripari ny ed xy).

§. 48.

Essendo i ripari di diversione esposti comunemente all' urto più impetuoso del fiume, devono perciò andare fabbricati di altrettanto più robusti e durevoli. Alla punta hanno in particolare bisogno di una base più ampia, per essere con ciò più sicuri dagli effetti delle mine che l' acqua vi apre di sotto, e di una scarpa più declive, principalmente dal lato sopracorrente perchè possano opporre resistenza contro gli assalimenti dell' acqua e del ghiaccio. Se vengono costruiti all' imboccatura dei tagli, puossi in parte tralasciare l' applicazione di queste cauzionali misure, giacchè in tal incontro non hanno da prestare che un servigio precario, e quando il taglio riceve già l' acqua, diventano affatto inutili. Nel caso l' uffizio di codesti ripari sia quello di dilatare i rami fluviali,

siccome a questo effetto non possono spiegare la massima energia che al sopraggiungere delle piene, per ciò la loro cresta deve portarsi al livello di queste, o deve almeno spianarsi coll' altezza della ripa. La sommità, ne' fiumi di qualche grandezza, non è meno larga di venti piedi (met. 5,84), e può essere ampliata fino a piedi ventiquattro (met. 7,00).

§. 49.

Il materiale più comune e più adattato per la confezione di questi ripari sono le fascine. Ma possono anche comporsi di sassi sciolti, che siano grandi però, e che vadano possibilmente a stivarsi sopra un fondamento di fascine. Impiegandosi queste ultime, e avendosi in pari tempo a disposizione sassi di qualche volume, rendesi opportuno di spargere con essi le pendici e la punta del riparo. Nei fiumi veloci e soverchiamente ghiaiosi, non si deve mai trasandare siffatto provvedimento.

§. 50.

I ripari di diversione devono sempre attraversare il solco della corrente, e anche sorpassarlo di alcune tese, giacchè altrimenti il fiume molto facilmente si approfonderà alla loro punta, il solco passerà davanti alla medesima, e, in cambio di allargare o escavare il ramo fluviale od il taglio, si farà a interrirlo. Spesso i ripari di diversione vengono anche convertiti in ripari di presa, atteso che agiscono dapprima contro l' opposta sponda in qualità di repellenti, la mettono in corrosione, vi allargano, con tal mezzo, il letto del fiume, e in fine danno adito al solco della corrente di volgersi a quella parte. In questo caso, non si deve frapporre indugio alcuno a premunire la contrapposta ripa. In generale, questa specie di ripari esige molta previdenza e circospezione, ove si voglia raggiungere con sicurezza l' intento, massime quando l' alveo consista di un materiale leggero e mobile, essendochè questo non suole

mai opporre valida resistenza all' escavazione. L' impiego dei ripari di diversione ricerca poi la più grande avvedutezza nei tagli, dove appunto mi riservo a dare su questo particolare più circostanziato ragguaglio.

§. 51.

Egli è spesso molto difficile di costruire un riparo di diversione a fronte della corrente, in particolare se viene fabbricato di fascine. La più acconcia maniera di evitare codesta difficoltà consiste nell' incominciare il lavoro entro la corrente stessa, ossia nel dar mano primieramente alla testa del riparo. Nel sito per quella fissato si sommergono delle fascine di annegamento, o, meglio ancora, delle opere fondali, sopra cui si gettano delle fascine di annegamento, e si prosegue con questo lavoro finchè si giugne ad avere una base, emergente dall' acqua, di due tese quadrate (met. qu. 3,00). Si tratta quindi la medesima qual punto iniziale del manufatto, e da qui si lavora all' indietro, sin tanto che si arriva al luogo stabilito per il piede del riparo. In oltre si porta la testa del riparo intorno quel punto alla sua ampiezza e figura, e se ne circonda l'unghia con opere fondali, per guarentirla con tal mezzo e assicurarla contro il pericolo che venga scalzata.

§. 52.

V. *Ripari di divisione* (opere di separazione). S' impiegano questi al punto della confluenza di due fiumi, quando la direzione, con la quale vanno ad unirsi, non forma un angolo abbastanza acuto, ed è perciò svantaggiosa, nè le circostanze locali permettono che venga la foce del minor fiume trasferita più inferiormente. Sorge allora la necessità di separare i due fiumi per mezzo di un manufatto, il quale dalla lingua di terra, che li tiene ancora disgiunti, si estenda all' ingiù, e d' impedire così la loro scambievole perniciosa azione, in quanto che per ministero di quello vanno

essi a mescolarsi insieme sotto un angolo acuto. Quest' oggetto verrà dilucidato a suo tempo, allorchè si parlerà della forma e del miglioramento delle confluenze dei fiumi.

§. 53.

I ripari di diversione furono talvolta chiamati opere di separazione, per esempio, il riparo di diversione nel canale pannerdense alla diramazione del Reno e del Waal. Ma io non so vedere alcuna ragione, perchè si abbia quivi a mettere in campo una diversa denominazione. La circostanza che esso giace nel punto di divisione di due fiumi, anzichè di due rami fluviali (supposto che non si vogliano considerare il Reno ed il Waal siccome due rami dello stesso fiume), la sua più alta importanza, e la necessità di maggiore esattezza, tutto ciò non può dare alcun fondamento alla mutazione del nome.

§. 54.

VI. *Ripari di chiusa.* Si fa uso di questi per chiudere i rami fluviali, ovvero gli alvei, che sono da abbandonarsi in seguito all' attuazione dei tagli. A suo luogo verrà dimostrato, come, per mezzo di due ripari situati l' uno dirimpetto all' altro, e colle loro punte protratte in modo, che l' una si trovi a retro all' altra, si possa, nella maggior parte dei casi, fare a meno dei ripari di chiusa. Sono essi per altro indispensabili, allorchè un ramo fluviale deve essere attraversato, per potervi condurre un argine, ovvero nelle rotte degli argini, le quali, onde impedire le inondazioni, devono rapidamente andare serrate. Su questo proposito riferirò quanto occorre, nella sezione concernente le arginature. Qualche volta si fanno servire a chiudere nelle loro estremità letti o rami di fiume tagliati, ossia lasciati fuori per via di un taglio, e a promuovere l' interrimento dei medesimi.

§. 55.

Nel chiudimento dei rami o dei letti fluviali, dovrebbe ben di rado succedere che si desse la preferenza ai ripari di chiusa, al confronto di due ripari opposti, che avanzano alquanto le rispettive fronti una dietro dell' altra. Ma poichè siffatti ripari furono per sì lungo tempo, e il più delle volte con buon esito adoperati dai più insigni architetti d' acque, naturalmente prima che fosse inventata l' altra migliore foggia di chiudere i bracci fluviali, non credo che siami lecito di passare sotto silenzio il processo della loro costruzione.

Esso non è in sostanza diverso dal modo, col quale si eseguiscono gli altri manufatti di questo genere. Vi differisce particolarmente nella pena e nella difficoltà che s' incontra, all' atto di dare la stretta al riparo. La corrente da esso respinta gettasi con forza quasi irresistibile contro l' apertura che tuttavia rimane, e vi scava rapidamente e profondamente il letto del fiume. A questo tempo il lavoro non soffre di essere interrotto, e deve giorno e notte proseguirsi sino al totale chiudimento. I materiali, che a quest' uopo richieggonsi, devono stare approntati sul sito in quantità che possa bastare anche per il caso più avverso, poichè qualunque intermissione prima del perfetto serramento darebbe adito ad una eccessiva escavazione, che potrebbe ritardare estremamente il compimento dell' opera, e renderla esorbitantemente costosa. Si può ovviare a una perniciosa escavazione, quando, prima di portarsi innanzi da ambe le ripe sino al punto della stretta, se ne copra il fondo con fascine di annegamento, o, meglio ancora, con opere fondali; misura precauzionale, che non si deve mai trascurare, ogni qual volta per un propizio azzardo, non si rinvenga nel letto del fiume un sito così tenace e compatto, da non permettere escavo alcuno. In tal caso su questo sito appunto va data la stretta al riparo.

§. 56.

La larghezza di questi ripari deve sempre superare di un quarto quella che si ricerca per gli altri che liberamente si alzano entro lo stesso fiume, attesochè in causa dell' acqua, che contro di essi si scaglia, sono costretti di opporre una resistenza più vigorosa. Riguardo all'altezza, basta per lo più che la loro cresta si elevi di un piede, sino a piedi uno e mezzo (met. 0,29 a 0,44) sul pelo della massima magra del fiume da essi rigurgitato, mentre una maggiore elevazione impedisce o difficulta almeno l' interrimento del letto precluso, dal qual contrario effetto sono senza altro in maggiore o minor grado sempre accompagnati codesti ripari. Per impedire uno squarciamento laterale, devono da ambi i capi essere internati o intestati per alquante tese nel corpo delle sponde. A mettersi maggiormente in salvo da tale sinistro, si deve il riparo dalle estremità andare alquanto inclinando verso il mezzo, affinchè ivi concorra la maggior massa dell' acqua, e resti con ciò dalle sponde divertita.

§. 57.

Compiuto essendo il riparo, vi si alza davanti, cioè dal lato rivolto al fiume, un argine di terra, il quale nella sommità può aver di larghezza sei piedi (met. 1,75) all' incirca. Questo precluderà all' acqua tutti i meati, che potrebbero forse trovarsi nel corpo del riparo, e renderà più corroborata la stabilità del medesimo. La cresta dell' argine va accuratamente coperta di piante.

§. 58.

Pei ripari di chiusa sono state messe in opera le fascine a preferenza di qualunque altro materiale, negli stessi rapidi fiumi, che corrono in ghiaia, per la ragione che tali ripari non sono quasi punto sottoposti al corrosivo assalto delle ghiaie, e possono in ogni

caso agevolmente sottrarsi al medesimo, impostandoli cioè alquanto a retro nel letto fluviale, che viene abbandonato. Ove però non si abbia difetto di sassi, e di sassi principalmente grandi, sarà sempre più vantaggioso l' impiego di questi ultimi nella costruzione dei ripari di chiusa; imperciocchè, oltre all' eseguimento renduto più facile, e alla maggiore economia della spesa, l' assenza della difficoltà, che va congiunta all' impiego delle fascine, d' impedire, cioè, lo scavamento del fondo nel punto ove succede la stretta del riparo, deve qui conferire una indubitabile preminenza alle costruzioni di sasso.

Nel qual ultimo caso conviene, anzi tutto, spargere di sassi il letto del fiume nella direzion del riparo, e in tutta la larghezza che deve aver questo alla base, e proseguire con questo travaglio in modo, che la sommità del riparo in tutta la sua estensione sorga in un tempo fuori dell' acqua. Se si volesse lavorare da entrambi i capi inverso il mezzo, si causerebbe in breve un profondamento, per colmare il quale esigerebbesi una sterminata quantità di sassi, e diverrebbe forse affatto impossibile di saziarlo, imperocchè la corrente nel suo precipitoso passaggio ingoierebbe i sassi, di mano in mano che questi vi fossero lanciati. A questo fine si deggiono tradurre i sassi, lungo la linea del riparo, sopra barche, o erigervi un palco, sia questo sostenuto da grandi cavalletti, o da battelli, dal quale poi si gettano i sassi nel fiume. Anche questi ripari si possono guernire di piante, e la loro scarpa aggiacente al fiume può venire consolidata da un rinfianco formato di terra o di ghiaia.

SEZIONE SESTA

DEI TAGLI

§. 1.

Si rettifica il corso di un fiume nelle località dove forma una o più viziose risvolte, praticando un cavo nello spazio alle stesse frapposto, e la rettificazione che ne risulta chiamasi *taglio.* In quali casi i tagli abbiano da essere impiegati, verrà insegnato ai §§. 18 e 19 della ottava sezione, la quale versa sul miglioramento dei fiumi in generale.

§. 2.

E' può sembrare a molti che sia una impresa sommamente ardua, dispendiosa e quasi ineseguibile quella di costringere un fiume reale a prendere un nuovo determinato corso ; e infatti sarebbe questo pressochè sempre il caso, se all' idraulico non fosse possibile di rendere il fiume suo proprio ausiliario, in cambio di avere a soggiogarlo. L'arte di effettuare un taglio è in gran parte riposta nell' arte di volgere al proprio scopo le forze del fiume.

L' esperienza da per tutto ammaestra, che se l' acqua scorre con qualche velocità entro un cavo praticato in terra non molto tenace, ne intacca le sponde ed il fondo, lo allarga e lo sprofonda, e se la massa fluida decorrente può crescere di passo eguale con l' ingrandimento del cavo, la corrosione delle sponde e del fondo di esso deve durare sin tanto che l' accumulazione delle acque venga a raggiungere il suo massimo limite, e quindi l'ampliazione e l'approfondamento del cavo siano pervenuti al lor termine. S' im-

magini ora in un fiume reale, e nel sito più ristretto di una rivolta un fosso *ab* (fig. 16) largo pochi piedi soltanto, e fondo al segno che l' acqua del fiume possa avervi l' ingresso, questa allora vi piglierà una velocità certamente più grande di quella del fiume, perchè l' intero declive della svolta è qui riportato sopra una linea *ab* più corta, e vi è in conseguenza maggiore, per questo motivo avrà l' acqua vigore di dilatare i limiti del fosso, e, in grazia di questa dilatazione, vi andrà continuamente crescendo in massa, e quindi proseguirà a ingrandirlo, sino a che sia divenuto capace di ricevere l' intero fiume, il quale, abbandonando di pari passo la rivolta e l' antico suo letto, si scarica da ultimo con tutte le sue acque nel fosso, e lo converte in proprio suo alveo. Dietro questa spiegazione, scorgesi la possibilità di assegnare a un fiume un letto novello, per mezzo di un lavoro facile, e che spesso apparisce inconcludente, in quanto che non altro si fa, per così dire, che additargli la strada, ch' ei deve seguire, e si abbandona il resto alla di lui propria forza.

Ma perchè non sia sempre bastevole a tale oggetto un fosso così insignificante, e perchè d' ordinario all' uopo stesso si esigano mezzi ausiliari più grandi, e quali, noi lo vedremo nei paragrafi che seguono appresso.

§. 3.

Lo spazio aperto nella fossa del taglio non è solo occupato dall' acqua che vi decorre, ma bene ancora dalla terra, che, divelta dalle pareti e dal fondo, viene dall' acqua stessa trascinata. Se la fossa è lunga ed angusta, può assai facilmente accadere che la terra distaccata e confusa con l' acqua si accumuli verso il di lei sbocco in modo da cagionarne la totale ostruzione. Per ovviare a simile inconveniente, è stato proposto di disporre le sponde del cavo non parallele, ma bensì inferiormente divergenti l' una dall' altra, cosicchè il taglio si renda gradatamente più ampio dall' in-

cile allo sbocco, a misura che l'acqua affluente, mescolandosi sempre più col terreno, cresce pure in volume, e pare aver quindi bisogno di una capacità sempre più grande. Questa misura venne anche spesse volte impiegata, ma di rado con quel successo che se ne aspettava; atteso che le sponde del tronco superiore più stretto vengono investite più presto e con più veemenza, che nell' inferior tronco più largo, dove l'acqua, in causa della vasta sezione, perde in altezza, e quindi anche in vigore. Per questo motivo le sponde si riducono in breve tempo al parallelismo. La pratica dunque più sicura e più semplice consiste sempre nell'assegnare una in ogni punto eguale, ma però sufficiente, larghezza. Se, malgrado ciò, dovesse aver luogo un qualche interrimento verso lo sbocco, egli costa poca pena e lavoro l' aprire nuovamente all' acqua il passaggio, qualora, ed è questo il caso più ordinario, non si sgombri da sè stessa il cammino. Il terreno ammonticchiato, ma però non compresso, verrà di nuovo allora convogliato, e la fossa si farà in breve tempo ampia al segno, che non si abbia più a temere il rinnovamento di quella sfavorevole replezione. In ogni caso quel posteriore ripiego non vale poi che una spesa molto minore di quella che si ricercherebbe per una primordiale eccedente larghezza del cavo.

§. 4.

Da una fossa di taglio con le sponde divergenti all' ingiù si attende un più sollecito effetto, anche per ciò che l' acqua, spandendosi lateralmente nel tronco inferiore, vi diviene più bassa, e la sua superficie acquista così una inclinazione più forte, e per conseguenza un grado maggiore di velocità, dal che ridonda all' acqua un accrescimento di forza utile per la completazione del taglio. Ma l'aumento di velocità nato da questa causa non è il più delle volte che inconcludente, e per il fatto esposto nell' antece-

dente paragrafo di rado dura a lungo quanto che basta per poter produrre un effetto di qualche entità.

§. 5.

Ma quanto *largo* e quanto *fondo* deve andare scavato un taglio?

Nei grossi rivi e nei minori fiumi, la cui sezione normale non supera 100 piedi (met. 29), si costuma di dare alla fossa del taglio una larghezza in base da 8 a 12 piedi (met. 2,33 a 3,50), una larghezza di 20 a 25 piedi (met. 5,84 a 7,29) nei fiumi larghi 300 piedi (met. 88), e nelle vaste riviere che hanno l'ampiezza di 1000 e più piedi (met. 292), si suol ammettere una larghezza di 30 a 40 piedi (met. 8,75 a 11,67) sempre al fondo del cavo. Queste dimensioni sono del resto calcolate nella vista appunto di formare con sollecitudine il novello corso del fiume. Mentre egli è ben facile da comprendersi che alla grandezza di un fiume non è di necessità condizionata la larghezza del cavo per un taglio. Il fosso più angusto può ben convenire tanto al più piccolo, quanto al fiume più grande, subito che vien esso dilatato e affondato dall' acqua che in copia vi affluisce, come ho sufficientemente spiegato nel 2° paragrafo. È incontrastabile che la larghezza di questo cavo trovasi più vincolata alla sua propria lunghezza, di quello che al grado di velocità dell' acqua che per esso decorre, e alla grandezza del fiume, del che, in tutti quasi i tagli che a me sono noti, non è stato preso il benchè minimo riguardo. Si scorge facilmente che non è possibile di dare su questo proposito una regola che valga generalmente ; attesochè le modificazioni, che possono occorrere in causa delle varie circostanze locali, sono quasi innumerabili. La maggior lunghezza del taglio, la minor caduta e la minor velocità dell' acqua nel medesimo, la forte tenacità del suolo in cui viene scavato, portano seco la necessità di una più grande larghezza nel cavo, laddove una discreta lunghezza, una caduta maggiore, una velocità più accelerata dell' acqua. insieme

a cedevolezza del fondo, acconsentono una larghezza minore. Per buona sorte, dato pure che si adotti per il cavo una larghezza picciola di soverchio, l' errore che si commette non suol essere accompagnato da sinistre conseguenze, imperocchè il fiume, ove le rimanenti condizioni, dalle quali dipende l' ampliamento e la riuscita del taglio, siano in qualche sol grado favorevoli, e vengano poste convenientemente a profitto, allarga e sprofonda in breve ora la fossa, e, nel caso stesso che lo si avesse tenuto troppo ristretto, in guisa che venisse dalle materie staccate ostruita, tale sbaglio, come ho già avvertito (§. 3), può essere ben facilmente riparato. Un caso estremamente raro, e che perciò costituisce una eccezione, egli è quando il taglio dev' essere condotto attraverso un poggio, o altro sito eminente, per cui esso ottiene talvolta altissime sponde, il dirupamento delle quali potrebbe cagionare l' oppilazione di tutto il cavo. In quest' incontro è manifesto il bisogno di una larghezza maggiore.

§. 6.

Non sempre si può aspettare dal fiume un grado eguale di aiuto, talvolta anzi non si può farvi sopra alcun conto. Si verifica questo, quando il fiume ha un corso pigro ed inerte, e manca, in conseguenza, della energia che occorre per escavare il fosso del taglio. Da un fiume che corre colla velocità di soli due piedi, e meno, non è dato di ripromettersi che poco, o nulla affatto. In tale circostanza, si prescrive di dare al taglio la metà sino a due terzi della normale ampiezza del fiume, e talora anzi si è nella necessità di scavare il nuovo alveo sopra la sua totale larghezza. Si deve per altro previamente indagare se, mediante la chiusura del vecchio alveo, si possa far nascere un rigurgito innocuo al tronco superiore, e valevole a produrre nel canale del taglio quella velocità, che basta per ingrandirlo, e che va quindi gradatamente ad estinguersi,

a misura che il nuovo letto fluviale giugne a toccare i limiti della sua regolare grandezza.

§. 7.

Quanto più a fondo si può spingere un taglio, tanto più facilmente e sollecitamente si arriva alla meta. Di rado per altro è in nostra facoltà di portarne lo scavo sino al pelo della massima magra. Ma quand' anche l' incile del cavo insista di due o tre piedi al di sopra della magra, il suo approfondamento e dilatamento avrà luogo senz' altro, tosto che sopravvenendo le piene entrino in esso con impeto, e non si ha perciò da stare in apprensione verso alcun altro pregiudizio, fuor che quello di vedere avverato più tardi il completo stabilimento del nuovo alveo.

§. 8.

Un espediente assai efficace a promuovere l' escavazione di un taglio, consiste nell' incidere, lungo il mezzo della sua base, un fossetto largo da 5 a 6 piedi (met. 1,46 a 1,75). Egli è particolarmente proficuo, quando il pelo alto del fiume abbia impedito di fare il taglio quanto che basta profondo, mentre lo scavo di quel piccolo fosso, spinto anche sotto il livello della massima magra, non va mai soggetto a gravi difficoltà. Questo accessorio lavoro va eseguito in istato basso del fiume, e, invece di estenderlo su tutta la lunghezza del taglio, si può escavare una non interrotta serie di buche divise fra loro a piccoli intervalli da sottili pareti di terra, che si lasciano a bella posta sussistere a traverso del picciolo cavo, onde non essere che poco molestati dall' acqua, che vuole in ogni caso insinuarvisi, ovvero anche si giugne, con tal mezzo, a tenerla affatto lontana dal sito del travaglio, e da ultimo si potranno traforare que' sottili arginelli di tramezzo, o bene ancora lasciarli senz' altro in balia della corrente. Così predisposte le cose, quand' anche l' acqua del fiume si trovi ad un livello piut-

tosto depresso, appena le vien dischiuso l' adito pel taglio, s' introduce immantinente nel piccolo cavo, a poco a poco lo dilata sino a toccare gli estremi lembi laterali del cavo principale, e finalmente, sopravvenendo in massa le acque del fiume, trovano già allestito nel taglio un canale abbastanza escavato in tutta la sua larghezza.

§. 9.

Si cerca eziandio di accelerare e facilitare l' ampliazione dei tagli, dando loro un' imboccatura più larga alla foggia d' imbuto. La fig. 18 *cmdk* ne dimostra la forma. Giusta le leggi idrodinamiche, non può quest'imbuto far passare nel taglio una colonna d' acqua maggiore di quella che, anche senza di esso, è in istato di accogliere la più stretta sezione del taglio medesimo. Quelli che hanno introdotto siffatto uso nell' architettura dei fiumi, ignoravano dunque che per il collo di un imbuto non esce più di liquore per essere più ampia l' apertura della sua campana, e che questa suole appunto così conformarsi unicamente perchè il fluido non trabocchi e non si spanda all' intorno. L' imboccatura ad imbuto non può avere altro risultamento, che quello di aumentare la spesa; se poi si considera che, in causa della più espanta sezione d' ingresso, il fiume ha minor forza di agire sopra l' incile del taglio e di escavarlo, si deve ritenerla anzi dannosa, che no.

Queste così dette imboccature ad imbuto sembrano essere state introdotte da empirici, mancanti dei principii fondamentali della scienza dell' acque, e, in generale, dei principii scientifici della loro materia, e parte da costoro, e parte anche da idraulici invero scientificamente istituiti, ma troppo schiavi della consuetudine, e troppo inchinevoli all' autorità straniera, sembrano essere state così a lungo mantenute in vigore. Io non potrei mai perdonarmi se qui tralasciassi di pubblicare un' osservazione, che mi accadde di fare occasionalmente, e che è mirabilmente propria a

confermare la giustezza delle mie viste sopra questo argomento (se mai avessero tuttavia bisogno di una conferma), fatta poi in circostanze così favorevoli, che, se si avesse voluto eseguirne a bello studio un esperimento, non si avrebbe potuto meglio predisporre le cose onde divenire a una più decisiva conclusione.

Nell'estate 1825, furono nel Danubio praticati quattro tagli, e muniti appunto d' imboccature ad imbuto, le quali, da vent'anni introdotte in Baviera da un celebre idraulico, vi si mantengono tuttora in riputazione, e vi sono anche pur troppo molto frequentemente impiegate. Allorchè questi tagli, il fondo dei quali era stato scoperto fino alla superficie più depressa delle acque, furono condotti al termine, il Danubio fece in essi il suo ingresso nella ricorrenza di una piena ordinaria, incominciò a scavarli, e trasse a franare le loro sponde. Appena però era avvenuto questo favorevole effetto, il fiume tornò a calare, e riscontrossi allora che le sponde, durante la piena, avevano precisamente pigliato l' atteggiamento perpendicolare di una piarda, e che il fondo si era scavato sino al livello delle acque più magre, ma in pari tempo si scorse eziandio che le soglie degli imbuti si erano rialzate di $1 \frac{1}{2}$ sino a 2 piedi (met. 0,44 a 0,58), ed avevano barricate le fosse, le quali allora per tutta la loro lunghezza, ad onta del loro approfondamento operato dalla precorsa fiumana, parte giacevano asciutte, e parte non ricettavano che acque stagnanti. Infatti, a tenore delle note leggi idrodinamiche non potendo per gl' imbuti passare un volume d' acqua maggiore di quello che consentiva la capacità delle fosse a sponde parallele, e che avrebbe dovuto passare anche senza l' interposizione di quegl' imbuti, doveva in questi la velocità dell' acqua essere in proporzione più piccola, quanto più grande erano le aree delle loro sezioni. Era essa troppo debole per potere spingere innanzi le materie che la piena scaricava sulle soglie di quelli, e perciò dovevano queste decubitarvi, e far che seguisse un alluvionamento, in cambio di una sottrazione di fondo.

Se sempre non si scorge tale svantaggioso fenomeno, e' deriva perchè il fiume non sempre torna a calare sì presto che non abbia avuto il tempo di ridurre il taglio all' ampiezza medesima dell' imbuto dove poi naturalmente crescendo a poco a poco la sùa velocità, e facendosi eguale a quella della dilatata fossa a sponde parallele, smuove e trasporta le materie precedentemente rimaste a giacere nel fondo, e finalmente vi escava anche quest' ultimo, il che però senza l' imbuto, dapprincipio, e, per conseguenza, più presto, sarebbe in egual misura avvenuto. L' ampliazione del taglio non potè quindi che essere stata ritardata per via della più costosa imboccatura ad imbuto. Se, durante i progressi di un fiume gonfio sopra un taglio, si portasse sempre la dovuta attenzione sugli effetti che ne conseguono, si rimarcherebbe certamente, quasi senza eccezione, che la superficie del fondo dell' imbuto da principio si solleva in luogo di approfondarsi, e che non arriva a spianarsi col fondo di tutto il taglio, se prima non abbia questi conseguita la larghezza dell' imbuto. Possa la comunicazione di queste osservazioni contribuire a proscrivere dall' architettura dei fiumi una nociva pratica, e cancellare dalla terminologia di lei una espressione tolta in prestito dagli attrezzi di cucina; una pratica ed una espressione che nel rapporto scientifico debbono gettare luce sinistra su tutti coloro che ne imprendono la difesa. Quando poi l' allargamento dell' imboccatura si eseguisce soltanto dal lato superiore del taglio lungo la traccia della tangente *cd* tirata alla sponda curvilinea, e l' opposto lato si dispone in linea retta secondo *ke*, nel caso appunto che il filone imbocchi il taglio tangenzialmente alla sua propria curvatura, può il tratto di sponda *cd* tenere in certa maniera il luogo di un riparo di diversione, e accelerare di alquanto la riuscita dell' opera; che poi codesto accelemento valga la spesa che vi viene dedicata, io voglio lasciare indeciso. Un vantaggioso effetto di questa pratica è tanto più da revocarsi in dubbio, perchè se nell' impiego di un riparo di di-

versione, si verifica sempre un rigurgito favorevole al conseguimento dello scopo, qui non ha luogo alcun propizio alzamento di pelo nel fiume. Io temo inoltre che l' ingresso obliquo dell' acqua possa tornare in pregiudizio dell' opposto lato, e investirlo con troppa energia al di sotto di *k*, e con ciò cagionare delle tortuosità nell' andamento del nuovo alveo. Si usa di applicare simili aperture ad imbuto anche allo sbocco dei tagli, e queste, per mio convincimento, sono ancora più inopportune delle prime, e vorrei dir quasi ridevoli.

§. 10.

Siccome le pareti laterali di un taglio sono destinate ad essere sottoescavate dall' acqua, e a dirupare, così sarebbe senza contrasto più confacente il non dar loro alcuna scarpa, e farle verticali. Ma ben di rado ciò viene acconsentito dalla qualità del suolo, mentre la terra crollerebbe nell' atto stesso che si eseguisce lo scavo. Si deve adunque contentarsi di disporre le sponde a quella minor pendenza che la scioltezza del fondo può comportare.

§. 11.

La terra proveniente dallo scavo, qualora non s' impieghi per alzare degli argini di guida, deve andare portata a qualche distanza dal taglio, poichè se fosse posta a giacere immediatamente presso gli orli del cavo, precipiterebbe in esso, e lo riempirebbe, appena che il fiume incominciasse a dilatarlo. Ma quando il cavo abbia già ottenuto un mediocre ampliamento, può quella terra esservi gettata dentro, senza aver perciò da temere che avvenga qualche sconcerto negli ulteriori progressi del taglio. Sarebbe fallo imperdonabile quello di portare le materie escavate oltre la linea delle future sponde, mentre con ciò si sprecherebbe la spesa di un trasporto inutilmente più lungo, e forse si coprirebbe un suolo fecondo con isterili terre, o ghiaie fluviali, che senza pregiudizio

alcuno possono andare abbandonati alla corrente. Ciò non ostante, ebbi alcune fiate occasione di osservare tale irragionevole pratica.

§. 12.

Conformandosi ai precetti finora impartiti, si viene ad assicurare il buon esito, in quanto esso dipende dalla forma e dalle varie dimensioni dei tagli. Ma di una importanza senza confronto più grande è la loro direzione, alla quale nel maggior numero dei casi trovasi vincolata la riuscita dell' intrapresa, segnatamente nei fiumi reali. Non sempre può essere attivato un taglio senza che si costruiscano, presso l' imboccatura, dei manufatti, che abbiano per uffizio di promuovere e agevolare l' ingresso del fiume nel medesimo. Ma questi, particolarmente nei grandi fiumi, sono difficili e dispendiosi, e, ad onta di ciò, il loro buon effetto non è sempre sicuro. Una direzione confaçentemente prescelta è quella pertanto che agevola la formazione del taglio, conducendovi spontaneamente il fiume col maggior nerbo delle sue forze, senza l' interposizione di que' troppo preziosi ausiliarii. Le principali regole, alle quali è d' uopo attenersi nella scelta di questa direzione, si riducono ai due seguenti capi:

1. La differenza fra le due cadute del fiume, nel taglio, cioè, e nel tronco fluviale da tagliarsi, sia sempre la massima possibile.

2. Si faccia il taglio tangenziale al corso superiore del fiume, e ove ciò non sia possibile, si porti il corso nella direzione della tangente.

§. 13.

Un fiume non lascierà mai l' attuale suo corso per seguirne spontaneamente un altro ad esso assegnato se non allora che troverà in quest' ultimo una prevalente caduta. Non risultando la differenza d' inclinazione grande quanto che basta, si deve far in qualche modo rigurgitare il fiume dinanzi all' incile del taglio, e

dargli motivo, col mezzo di una più forte cadente artificialmente prodotta, a stabilirvi gradatamente il nuovo suo letto, e quando ciò fosse impossibile si deve, come ho già altrove accennato, scavare per intiero il nuovo alveo, misura per altro assai dispendiosa, particolarmente nei fiumi maggiori. Egli è quindi da attraversarsi con un taglio solamente un corso assai tortuoso del fiume, dove trasferendosi il pendio di una lunga linea serpeggiante sopra una retta che tocca i medesimi estremi, e perciò tanto più corta, puossi conseguire, meglio che altrove, l'adempimento alla prima delle due sopraccitate regole. Codesta regola può essere tanto più facilmente seguita, in quanto che nelle svolte di poca curvatura i pregiudizii, che possono giustificare l' uso dei tagli, o non si appresentano mai, ovvero in sì tenue misura, da poter essere allontanati con ripari più semplici.

§. 14.

Allorchè s' intraprende una serie di tagli consecutivi, e si prevede che per insufficienza di caduta nell' uno o nell' altro di essi, il fiume non avrebbe la forza di scavarlo, si giugne talvolta a rimuovere questa causa impediente, eseguendo dapprima l' immediato taglio inferiore, presupposto che in esso non si verifichi il medesimo ostacolo. Poichè l' effetto ordinario di un taglio è di approfondare l' alveo, ed abbassare il pelo dell' acqua nel tronco superiore, i tagli da eseguirsi superiormente ottengono con ciò una maggiore caduta, e il loro ingrandimento, che prima non era da attendersi, viene allora fatto possibile in grazia del fiume che vi scorre con piede più celere.

§. 15.

Perchè un fiume possa entrare in un taglio con forza bastante per escavarlo, e secondo una direzione, la quale sia valida a formare regolarmente il nuovo alveo, si rende necessario che il

taglio, come di sopra si è detto, seguiti la traccia della tangente condotta al corso superiore dell' acqua. Giacendo invece fuori di questa linea (come *fg* nella fig. 16), il filone gli passerà davanti, e, in luogo di ampliarlo, nella prossima piena verrà di nuovo a parzialmente interrirlo. Se poi a fronte di ciò il filone s' introducesse nel taglio, ovvero se fosse costretto ad entrarvi per impulso di qualche manufatto, non potrassi allora quasi mai evitare un altro inconveniente notabile. Il fiume, cioè, correndo obliquamente nel taglio, investirà la sponda che giace dirimpetto presso il punto *m*, la intaccherà, da qui si volgerà contro l' altra sponda in *o*, e così successivamente, andando a percuotere una dopo l' altra le opposte sponde del taglio, formerà un alveo affatto irregolare, e porrà il fondamento a nuove risvolte, qualora non si cerchi di antivenire a questo disordine col sussidio di lavori di sponda continuati lungo tutto il taglio. Ma anche con tal mezzo non si perviene a sopprimere tutte le cattive conseguenze di questa pratica, stante che ben possono le difese frontali mantenere le sponde in regolar direzione, ma non hanno alcuna influenza sull' andamento del solco della corrente, il quale in onta di esse resterà per lunghissimo tempo fuori del mezzo, e andrà vagando dall' una all'altra sponda del taglio.

Si aspetta, è vero, alle volte che la direzione rettilinea, che ottiene il fiume, dopo compiuto pienamente il taglio, gli dia motivo di prenderla anche superiormente, e toglier così la cagione che rende svantaggiosa l' imboccatura del taglio. Ma questo effetto rimane sempre incerto, e in ogni caso non segue che dopo molto tempo, e quindi non si minora di leggieri il pericolo, che a ciò si venga troppo tardi, e che, dopo essere stati costretti a impiegare nello stesso taglio a siffatto oggetto una somma, che sarebbe stata bastante per guidarvi il fiume dirittamente, si vegga poi alla fine delusa la propria aspettazione. L' idraulico ha da mettere in opera ogni suo mezzo per esser sicuro dell' esito, e non renderlo mai

dipendente da un forse. Codesta irregolare formazione del taglio può anche aver luogo, quando, sopravvenendo una subitanea piena, una vasta colonna d' acqua scorre per il vecchio alveo superiore, già abbandonato, ed entra a sghembo nel taglio, che gìace inferiormente. Questo caso si ebbe ad avverare in *o* ed *o* nella rettificazione rappresentata dalla fig. 15. Ma siccome la causa del disordine viene a sparire colla formazione del nuovo, e coll' interramento del vecchio letto fluviale, cessa anche in pari tempo l' effetto; e tal disordine, che spesso è difficile a prevenirsi, resta d' ordinario immune da sinistre conseguenze; quando però la corrosione avesse fatto significanti progressi, si deve respinger da essa il filone per mezzo di un riparo esteso fino all' unghia della sponda normale, e così produrvi intorno il sedimento delle torbide.

§. 16.

Le irregolarità del taglio possono anche essere occasionate dall' imperfetto atterramento del piccolo argine, che si fa stare in piedi alla sua imboccatura, onde lo scavo non venga troppo presto difficoltato e impedito dall' acqua, la quale altrimenti allagherebbe il luogo del lavoro. Perchè codesto atterramento succeda regolarmente, si deve incominciarlo o dal mezzo verso i capi estremi, o da questi verso il mezzo dell' argine. Se poi il fiume s' insinua a forza nel taglio solamente da un lato, lo assale dall' altro più presto e con più vigore, e così è posto il principio del disordine.

§. 17.

In simil guisa non è indifferente la scelta del tempo, in cui si dà ingresso al fiume nel taglio, dovendosi, a tale oggetto, più che è possibile, approfittare dello stato di massima magra, durante il quale soltanto puossi nella maniera più comoda e più perfetta demolire l'argine o cavedone che si aveva lasciato in piedi alla bocca del taglio, onde impedirvi l' intempestivo accesso dell' acqua. Se questa

operazione venisse intrapresa quando il fiume fosse cresciuto per piena, la colonna d'acqua, che con rapidità e veemenza precipiterebbe nel cavo per la prima fatta apertura, potrebbe assai facilmente impedire il proseguimento del lavoro. Continuando poi l' acqua a sgorgare dallo stretto spazio dell' imboccatura, rimasta incompleta, in quello più ampio del taglio, vi perde gran parte della propria velocità, dal che segue d' ordinario che le materie fluviatili, entrate con l'acqua nel taglio, ne discendono al fondo e lo rialzano, quando invece dovrebbe venire scavato. Gl' inesperti architetti assai volontieri si lasciano indurre a questo fallace metodo, perchè il rapido afflusso dell' acqua pe' suoi primi effetti, sovente senza contrasto mirabili, garantisce un ameno spettacolo, e invita ad accedervi un numero grande di spettatori. Ho avuto campo di osservare tristissime conseguenze di tale pratica, che venne anteposta ad una più confacente e più sicura, perchè dava occasione ad articoli di giornale, ne'quali non vennero risparmiate le lodi dell' architetto.

§. 18.

Che lo sbocco del taglio debba essere similmente condotto per la tangente al corso del tronco inferiore, lo esige tanto la regolarità del fiume come quella della sua direzione, che trovasi appunto inerente allo scopo di un taglio. Solo in pochissimi casi può e deve ben anco essere fatta una eccezione a siffatta regola. Tale, per esempio, è il caso, quando nel seguito vuol essere inferiormente assegnata al fiume un' altra direzione, ovvero quando vi esista davanti un renaio, che il fiume deve sfrattare prima d' avere stabilita la sua confacente direzione. In queste circostanze, il taglio si dirige verso il corso inferiore del fiume come se non vi fosse punto, o l' impedimento, che deve per suo mezzo andare scacciato, o la svolta che resta da correggersi fra il termine del taglio e quel punto, ove finisce il tronco fluviale che trattasi di migliorare. Per

esempio, nella fig. 16, dove il taglio non è condotto in *s*, ma contro l' ammasso di sabbia nella direzione *h*, atteso che ivi la regolazione del corso non termina, ma vien continuata, o, come nella fig. 17, ove il taglio invece di appressarsi ad *m*, s' avvia alla volta di *n*, prendendo in mezzo l' alluvione *s*, che deve esser rimossa in virtù del cammino retto del fiume, e la sponda convessa *p*, a demolir la quale concorre il repellente *t* postovi dirimpetto.

§. 19.

Non sempre riesce di tracciare il taglio, secondo la tangente al corso superiore del fiume. Possono esservi di mezzo degli edificii, ovvero può il fiume formare superiormente una svolta, dalla quale importi bene di allontanar la corrente, senza però che sia la stessa grande in modo da doverla attraversare con un taglio. In tal caso, non resta altro mezzo che quello di dare, mercè l' opportuno impiego di manufatti, alla corrente superiore un tale indirizzo, che il filone divenga di lui tangente, e vada quindi a imboccare il taglio direttamente. Un esempio di questa pratica vedesi indicato nella fig. 15, dove i repellenti *nn* allontanano il filone dalla sponda concava, e segnano al fiume una sponda novella distinta sul piano con linea punteggiata, alla quale è appunto tangente la sponda omologa del taglio. Naturalmente in simili circostanze è per lo più necessario di dare in sacrifizio al fiume una parte della opposta sponda. Se questo ripiego ancora fosse inapplicabile, allora con l' aiuto di ripari di difesa disposti lungo lo stesso taglio, cercar si deve di antivenire e correggere, per quanto è possibile, le irregolarità del nuovo corso del fiume.

§. 20.

Anche per mezzo di costruzioni impostate molto più avanti nel tronco superiore, e particolarmente mediante ripari di volta e di ala, si può conferire al fiume una direzione più favorevole al

taglio. Qui i casi possibili sono troppo varianti, perchè si possa impartir delle norme su tale proposito. Solamente l' esperienza e l' osservazione, e la esatta conoscenza della natura e degli effetti dei fiumi sopra di quelle fondata, possono nei singoli casi avvenibili servire di scorta fedele e sicura. Wiebeking nel primo volume della sua Architettura Idraulica (Tav. IX) riferisce un caso di questo genere notabilissimo e molto istruttivo. Il Consigliere Bach di Prussia promosse in egual modo la completazione del taglio di Bislich, da lui eseguito, mediante un riparo situato in un punto superiore del corso, il quale ha servito per dare al Reno una, secondo le sue viste, più confacente direzione, e inoltre produsse altri vantaggiosi effetti.

§. 21.

Il sin qui detto vale specialmente per la direzione dei tagli *semplici*, ciò è a dire di quelli che tagliano una singola svolta del fiume ; ma per la direzione dei tagli *composti*, i quali attraversano due o più risvolte, che immediatamente si succedono, le regole finora esposte riescono di rado sufficienti. E' possono aver luogo i seguenti casi.

§. 22.

Due svolte consecutive possono andare tagliate alla gola, nel qual caso ciascun taglio viene a sboccare nel vecchio letto del fiume, siccome i due tagli *ab* e *cd* delineati nella fig. 16. Questi sono in fondo da considerarsi quali tagli semplici, e vale per essi senza restrizione tutto ciò che in sul proposito è stato antecedentemente riferto.

§. 23.

Ma questo non può sempre aver luogo, e si danno degli incontri in cui non puossi evitare la necessità di condurre un taglio

perfettamente diritto o quasi, lungo l' andamento di due (*abcd*, ed *efgh*, fig. 15), od anche tre svolte (*ab*, *bc* e *cs*, fig. 17), ove il taglio, prima di aggiungere il termine della tortuosità, che vuolsi rettificare, una o più volte ritorna nel vecchio alveo, ma soltanto per attraversarlo. In questo caso non possono, che al principio del taglio presso *a* esser messe in osservanza le riferite norme per agevolare l' ingresso del fiume nel medesimo; ma in nessun modo nei punti, dove il taglio non fa che attraversare l' alveo, cioè ne' suoi rami inferiori, i quali formano sempre un angolo con la corrente superiore, in modo che questa, ove si eseguisse isolatamente per sè uno di que' rami intermedii, dovrebbe esservi guidata con un piegamento svantaggioso, ovvero essere spinta ad entrarvi per forza. Egli è qui assolutamente necessario di eseguire avanti di ogni altro il supremo ramo del taglio, poichè se si volesse aprire al fiume l' inferior ramo prima del superiore, l' acqua o non entrerebbe in quello, oppure vi s' introdurrebbe con una direzione obliqua a segno, che in piena misura vi avrebbero luogo tutti gl' inconvenienti accennati al §. 15. Ma quand' anche si eseguisca in prima il superiore, non conviene senza necessità darsi fretta per l' eseguimento del secondo e de' successivi rami del taglio. Mentre, benchè quello già effettivamente riceva la massima parte del fiume, pure nelle piene decorre eziandio una ragguardevole massa d' acqua nel vecchio alveo non ancora interrato, e basta questa in causa dell' obliquo cammino, rispetto al secondo ramo del taglio, a dilatarlo irregolarmente nella imboccatura. Invero non si può sempre differire l' aprimento di questo secondo ramo quanto sarebbe necessario per impedire un simile pregiudizio, ma non è lecito di trascurare quella precauzione, ogni qual volta le circostanze il concedono. Nei fiumi amplissimi, dopo anche il completo stabilimento del primo ramo, può nascere il caso, che il fiume trapassi, senza punto imboccarlo, l' incile del ramo secondo, atteso che sortendo dal precedente taglio, prima d' incon-

trare l' imbocco del successivo, viene in gran parte distratto dall' ampio spazio, che vi esiste frammezzo, e si piega all' ingiù. In tal sito il filone dee venire intercettato da un riparo di diversione, come in *y*, fig. 15, l' uso del quale verrà dilucidato alla fine del §. 26.

§. 24.

Avendosi a rettificare un tronco di fiume, il quale contenga parecchie svolte, che immediatamente si seguono l' una dietro l'altra, non si deve mai senza stringente necessità attraversare più di due, e, al sommo, tre di esse con un solo taglio a più rami consecutivi, non solo perchè da ciò viene in alto grado ritardato il compimento dell' opera, ma eziandio perchè i rami già compiuti del taglio possono rimanere esposti ad essenziale pericolo, sintanto che siano terminati anche gli altri. Il compimento del taglio generale dev' essere differito, per la ragione che veruno de' rami inferiori non può eseguirsi con isperanza di un esito felice, se prima quello che gli è immediatamente superiore non abbia accolta la massa principale dell' acque; e quest' ultimo altresì si forma più lentamente, perchè l' acqua effluente da esso incontra un impedimento nella sponda che gli sta dirimpetto, e così, rallentandosi la velocità, il canale del taglio viene più debolmente, e in conseguenza più tardi escavato. I superiori rami ultimati del taglio sono esposti a grave pericolo nel caso di una repentina irruzione di ghiaccio. Questo sortendo con velocità dal taglio, può facilmente incagliare trovando l' ostacolo della opposta sponda, presso la quale deve voltarsi tutto ad un tratto, onde poi si formano facilmente le ostruzioni ghiacciali, le quali possono produrre superiormente rilevanti disordini, e corrosioni di sponde, che mettono il fondamento ad una sregolata formazione del letto fluviale, e danno in seguito motivo di ricorrere a dispendiosi rimedii. L' inferior canale scavato, può altresì venire parzialmente interrito dalle copiose

materie portate fuori dal taglio superiore, che di già accoglie il fiume, qualora l' apertura di esso non resti differita sin tanto che quello siasi bastantemente ingrandito. Si vuol dunque sempre ricondurre la linea dei tagli, più presto che è possibile, nell' antico corso del fiume, e da quivi cominciare una nuova rettificazione. La fig. 15 rappresenta una rettificazione effettivamente eseguita in un ragguardevole fiume. All' oggetto di appianare le difficoltà insorte tra le comuni interessate, era stato progettato d' intraprenderla lungo la traccia della linea x x x x, praticando sei tagli, o piuttosto un taglio solo lungo un' ora e mezza, e composto di sei rami, ognuno de' quali non prima si avrebbe dovuto eseguire, che quando il superiore contiguo avesse di già ricevuta l' intera massa del fiume. Sarebbe stato allora necessario il corso di più anni per completare regolarmente quest' opera. La riuscita frattanto sarebbe rimasta esposta a molteplici rischi, e la navigazione spesso ed a lungo interrotta. Io progettai la stessa rettificazione con due tagli, ciascheduno in due rami, il primo taglio si ricongiunge in d all' andamento naturale del fiume, dove poi ha principio il taglio secondo, reso perciò affatto indipendente dal primo. Così questa grande e importante idraulica operazione venne divisa in due separate rettificazioni, l' una dall' altra indipendenti, e fu possibile di compierla nello spazio di un solo anno, senza sinistri accidenti, e senza bisogno d' interdire la navigazione. Siffatto metodo di evitare i tagli a più di due rami può essere quasi sempre seguito, quando non si voglia secondare la pazza idea di taluni, i quali vorrebbono che i fiumi fossero condotti in linea retta per tratte estesissime del loro corso.

§. 25.

Ove si abbia progettata la direzione di un taglio, opportunamente giovandosi di tutti i mezzi finora suggeriti e intesi ad agevolare l' ingresso del fiume nel medesimo, non sempre per altro

è ciò bastante per cogliere pienamente lo scopo, massime quando dev' esser colto con qualche sollecitudine. Non di rado quella differenza di caduta, che si ottiene nel taglio, può non esser valida a fare che il fiume cangi spontaneamente la direzione del corso; talvolta questo cambiamento di corso può seguire con una lentezza contraria allo sviluppo degli effetti che si attendono dal taglio. Anche le condizioni locali ed altre possono alcune volte impedire che si tragga profitto di ogni vantaggio per condurre un taglio secondo l'andamento il più confacente. In simili casi egli è d'uopo applicare i ripieghi dell' arte, che consistono in costruzioni ausiliarie atte a costringere il fiume di entrare nel cavo del taglio. Queste ultime possono essere o ripari di diversione, o ripari di chiusa, e meglio ancora ripari di diversione abbinati a ripari di volta che vengono impostati di fronte nella contrapposta sponda.

§. 26.

Abbiamo già veduto cosa sia un riparo di diversione. Esso viene costruito inferiormente all' imboccatura del taglio sulla linea della futura ripa. (Vedi il riparo *y* nella fig. 15, ed *ni* nella fig. 18.) La sua lunghezza è determinata dalla distanza del solco della corrente (qui da distinguersi bene dal filone) dalla sponda, dovendo il riparo attraversarlo onde poter produrre il divisato effetto. Per buona sorte il solco si trova in regola quasi sempre accollato alla sponda concava, nella quale pure cade in ogni incontro l' imbocco del taglio, cosicchè il riparo di rado suol risultare molto lungo. Esso produce un rigurgito davanti a questa imboccatura, per via del quale il fiume viene indotto a versarsi nella medesima. Ecco il motivo, per cui importa che l' altezza di questo riesca superiore a quella che d' ordinario per altri oggetti si assegna ai ripari, ed affinchè non corra pericolo di essere intaccato al piede, deve internarsi bene entro la sponda per qualche tesa. Del rimanente, l' esito di questo riparo è il più delle volte incerto. Ove non segua

prestamente, il fiume si volge volontieri all'altra parte, vi corrode la sponda, la quale in tal timore va tutelata con qualche lavoro di rivestimento, ovvero stabilisce la sua massima profondità presso la fronte del riparo, al quale passa allora davanti, e nella prossima piena, in luogo di ampliare il taglio ed approfondarlo, ne interrisce l'imbocco, stante che in tale caso il riparo di diversione convertesi in riparo da presa rivolto all'insù e producente un sollecito alluvionamento. Un riparo di diversione resta sempre al certo trasandato, se dall'altra banda, in luogo di una elevata sponda, si spiani un disteso banco di sabbia, ovvero il fiume si allarghi in questo sito oltre la sua normale ampiezza, o quando il riparo è troppo corto, e non taglia attraverso perfettamente e non intercetta il solco della corrente, particolarmente allora che il letto del fiume è coperto di materie assai mobili, e per conseguenza si escava con facilità, e viene a formare un nuovo solco. Simile inconveniente si affaccia per primo in quel taglio, che non è tangenziale al tortuoso corso superiore. Del resto, quanto più largo è un fiume, tanto più è ciò da temersi, e devesi allora procedere alla total chiusura dell'alveo, o meglio alla costruzione di un riparo di volta, che venga a giacere dirimpetto. Nei fiumi ampii e profondi, per esempio, nel Reno, l'alzamento di un riparo di diversione bastantemente efficace, e più ancora l'applicazione delle normali regole da usarsi in tal caso, riesce sommamente costosa e difficile, e perciò si ha qui ragione tanto più forte di riservare l'intrapresa dei tagli solamente per quelle situazioni, ov'è appieno favorevole il concorso di tutte le circostanze influenti sulla direzione e sulle altre condizioni di un taglio.

L'effetto de' ripari diversivi è più che altrove sicuro nei tagli composti. Quando, cioè, il fiume già corre in massa per il primo ramo, e minaccia di trascorrere innanzi, senza imboccarlo, l'incile del ramo che immediatamente sussegue, allora un riparo di diversione in convenevol modo applicato fallirà tanto meno il proprio

scopo, in quanto che il filone sopravvegnente dal ramo superiore s' avvia quasi diritto verso l' imboccatura opposta, e difficilmente può trapassare vicino al riparo che giace al di sotto, dal quale viene anzi mirabilmente acchiappato in mezzo al suo corso. Per esempio, dal riparo y nella fig. 15.

§. 27.

Nei piccoli fiumi si rende superfluo l' impiego dei ripari di diversione, o il totale chiudimento dei letti tagliati, potendosi ottenere lo stesso fine con mezzi molto più semplici, vale a dire, o innalzando delle siepi intessute, ovvero delle graticciate, o facendo nascere un rigurgito per mezzo di una debole diga composta di barbe e radici di albero, che vengono spesso abbondantemente fornite dallo scavo del taglio, e che, legate e strette insieme, si mandano a fondo e si aggravano con sassi. Un pratico, il quale sappia trarre profitto di tutte le circostanze presenti, saprà qui aiutarsi in molte guise, essendo lecito, in tali occasioni, di deviare senza esitanza dalle ordinarie regole, tanto più che questi mezzi ausiliari non hanno da durare comunemente che fin allora che si abbia conseguito l' intento, il che nei fiumi di piccola portata suol accadere assai presto.

§. 28.

Il più sicuro, e anzi, in isfavorevoli circostanze locali, il più infallibile mezzo è quello di attraversare per intero l' alveo con un *riparo di chiusa.* Le difficoltà inerenti a questo manufatto, e i mezzi onde appianarle, sono stati descritti nella rispettiva sezione dei ripari. Si ha poi buona ragione di schivare possibilmente il bisogno di tale riparo, e tanto più, che resta in grazia di esso ritardato o anche impedito il sì necessario interrimento del letto

fluviale abbandonato. Esiste fortunatamente una novella foggia di chiudere i letti fluviali, la quale non è punto soggetta a quelle difficoltà, ed effettua in pari tempo una sollecita alluvione.

§. 29.

Andiamo debitori di questo eccellente metodo all' austriaco consigliere aulico Schemerl, personaggio assai benemerito della scienza pratica dei fiumi. Egli pianta un riparo di diversione *ni*, fig. 18, dinanzi all' imboccatura del taglio, ovvero dinanzi alla bocca di un ramo fluviale, che si vuol mantenere aperto, e dall'altra sponda vi conduce incontro un riparo declinante *ab*, il quale avanza di qualche tratto la punta del primo, cosicchè la corrente piegata dal riparo *ab* si getta sopra il riparo di diversione *ni*, che la indirizza allora nel canale del taglio. L' intermedio spazio, che questi ripari lasciano aperto fra loro, può importare da 6 a 20 piedi (met. 1,75 a 584), a seconda dell' ampiezza e potenza del fiume. L' acqua veramente in sul principio s' introdurrà con forte impeto in quell' apertura, e scalzerà forse all' intorno le fronti dei ripari, e farà che alquanto s' inchinino, senza però che ne avvenga danno di sorta, mentre ad onta di ciò il fiume prosegue ad affluire pel taglio con celerità e con vigore sufficiente a dilatarlo ed approfondarlo. Perciò non conviene essere troppo corrivi rispetto al racconciamento e rialzamento di questi ripari, poichè di ciò non hanno essi bisogno sintanto che fanno effetto a benefizio del taglio. Allorquando questo effetto viene a cessare, si ha sempre tempo ed agio per metter di nuovo in buona condizione ossia risarcire le punte dei ripari. Si evita in tal guisa la malagevole e troppo dispendiosa stretta dei ripari di chiusa, e si effettua inoltre un sollecito interrimento del vecchio alveo, atteso che, pel non interdetto passaggio, è lasciato framezzo ai due ripari un vacuo abbastanza grande alle materie del fiume, le quali si depositano alle loro spalle, tosto che la massa fluida, in causa della sua improvvisa diffusione in uno spazio più

ampio, perde la forza di tenerle sollevate e natanti. Ella è in certa maniera una imitazione del naturale effetto dei fiumi, i quali alzano e interriscono i loro letti, se sono questi troppo ampii, in confronto al volume delle loro acque. Le materie si coricano dietro a questa apertura, e formano in breve un ammasso di sabbie o di ghiaie, il quale in ogni piena si distende e s' innalza, e da ultimo riempie totalmente l' alveo abbandonato. Dopo la completa attuazione del taglio, si potrebbe chiudere del tutto codesta apertura, quando per altro a riguardo dell' interramento, non fosse più conveniente di mantenerla dischiusa. Ove accada di stabilire una via d' attiraglio lungo le sommità di questi ripari, si può, nell' intervallo che li divide, gettare un ponte alla leggiera.

§. 30.

Essendo la località, per la quale vien condotto un taglio, depressa in modo che l' acqua nel medesimo possa facilmente tracimare le sponde, prima che giunga ad avere quell' altezza, mercè la quale si rende atta ad agire nella più efficace maniera sulla dilatazione e sull' affondamento del nuovo letto fluviale, perde in quella vece la propria forza a cagione del suo sparpagliamento oltre i limiti delle sponde, e pigra diventa ed inoperosa. In questa circostanza, e lungo ambedue le sponde del taglio, si alzino degli argini con la terra estratta dal cavo, i quali impediranno che l' acqua vada a spaliare sulle attigue campagne, mantenendo così la di lei forza tutta concentrata a benefizio del taglio. A cotesti argini suole aggiungersi l' appellativo *di guida.* Se si volesse approfittare dei medesimi per una futura arginazione, si potrebbe allora impiantarli a quella distanza l' uno dall' altro, che appunto per tale scopo si esige. La loro efficacia per altro rimane con ciò notabilmente diminuita. Fuori di questo caso, egli è meglio che vengano costruiti alquanto all' indentro della futura linea di sponda, in modo che essi, pria che il taglio acquisti la sua normale larghezza, diru-

pino nel medesimo, e vengano dalla corrente asportati. Basta talvolta che si eriga un solo argine di guida dal lato della svolta da tagliarsi, quando, cioè, dall' altro lato si trovi la sponda per quanto occorre elevata. Se inferiormente all' imboccatura del taglio si alza un riparo di diversione o un riparo di chiusa, si stabilisca il piede del manufatto per punto iniziale dell' argine, il quale se viene impostato al di qua della linea di sponda deve per mezzo di un dolce tondeggiamento, impiccagliarsi al riparo, che giace, come si è avvertito, al principio e nella direzione della sponda futura.

§. 31.

Talvolta accade che lo sbocco di un taglio debba essere trasferito in una località dove il fiume corre fra banchi di sabbia, espandendosi entro una sezione molto più ampia della sua normale larghezza. Ove si volesse farlo uscire dal taglio senza protrarre all' ingiù i mezzi che lo tengono raccolto nei competenti limiti, si otterrebbe per lo più in detta località un corso assai sregolato. Quindi, se non necessario, è però sempre giovevole l' innalzare degli argini di guida attraverso questa maladatta località, seguendo la direzione delle sponde, che appunto convengono per lo stabilimento regolare del corso. Questi argini segneranno al fiume effluente dal taglio un regolato cammino, che egli allora formerà anche da sè stesso senza bisogno di ulteriori aiuti dell' arte,

§. 32.

L' affondamento di un taglio può essere in singolar maniera promosso e sollecitato, trascinandovi per mezzo delle ancore di ferro, e dei pesanti rastrelli similmente di ferro, che fanno l' uffizio di graffiare e squarciare il terreno del fondo. I rastrelli vanno guerniti di cinque o sei robusti denti curvati all' ingiù, dove sono anche più larghi, ed hanno il peso di cento sino a cencinquanta

libbre. Si attaccano alla poppa di una barchetta, ovvero ad una piccola zattera, mediante lungo manico di legno, che serve ad innalzarli o calcarli a norma del bisogno. La zattera poi è tirata da due o più cavalli su e giù per il taglio, il quale con questo artificio si approfonda, nell' atto stesso che l' acqua sospinge e porta via la terra divelta. L' applicazione di questo mezzo diviene assolutamente necessaria, quando il fondo del taglio è composto di uno o più strati di creta o di argilla, che rendono malagevole, se non anche impediscono l' escavazione di esso.

§. 33.

Se l' andamento del nuovo alveo fosse attraversato da scoli o da cavità, ove il fiume potesse traboccare di fianco, debbono queste, nella direzione della linea di sponda, andar chiuse con argini, che si alzino fino alla sommità delle future sponde, e nel caso risultassero troppo elevati, basterà portarli sino al livello delle piene mezzane.

§. 34.

Allorchè, per mezzo delle pratiche fin qui suggerite, si è giunti a dirigere un fiume per un nuovo regolare corso, non si può dire per altro di aver toccata la meta, mentre per assicurare la durata del miglioramento, è d' uopo altresì di rivolgervi una vigilanza di più anni, la quale deve avere per iscopo precipuo l' interramento del vecchio alveo abbandonato, e la formazione e conservazione del nuovo.

§. 35.

Sin tanto che l' alveo tagliato mantiene la sua profondità, e non viene almeno in buona parte interrito, avvi sempre la possibilità che il fiume faccia in esso ritorno. Nei tagli semplici, che attraversano singole svolte, ciò è da temersi assai meno, poichè la

direzione retta è la naturale, e per questo appunto il fiume scavossi facilmente nella stessa il proprio letto, tostochè gli venne a questo uopo segnata la strada, e quindi non facilmente poi l' abbandona. Ma nelle rettificazioni composte è ben maggiore il pericolo di veder nascere nuove risvolte. La possibilità che il fiume in un repentino scioglimento di ghiaccio, ovvero in una escrescenza, per via di qualche eventuale ingorgamento di ghiaccio, o di un semplice albero sradicato e rimasto a giacere nell' alveo, o per qualsivoglia altra cagione, venga a cadere in qualche disordine, comunque dapprincipio insignificante e facilmente rimovibile, e con ciò sia dato principio alle corrosioni di sponda, tale possibilità non può mai essere pienamente allontanata; e ove fosse negletta, potrebbe fare dei progressi a sensibile danno del fiume, il quale poi, trovando in vicinanza delle affondature non peranco riempite dell' antico suo letto, assai facilmente potrà aprirsi per esse una strada. Di rado, è vero, ripiglierà il fiume la sua direzione primiera, ma per altro, egli può pigliar di nuovo un corso così vago e sregolato, come era quello che dava motivo alla sua rettificazione.

§. 36.

L' interramento dell' alveo abbandonato e la sua conversione a suolo fruttifero puossi a gran pezza sollecitare tirandovi per traverso delle siepi intessute, tostochè il di lui fondo si trovi al conveniente segno rialzato in grazia delle torbide che sopra vi sono passate, e coprendo di piante ogni luogo asciutto che spunta fuori dell' acqua, quantunque ciò non sia necessario, se vi esistano dei salici, che lasciano cadere sementi. Allorchè è in tal modo a poco a poco cresciuto un folto boschetto di salici, le sabbie fine, le bellette e le terre vanno a decubitare ne' suoi interstizii, e così l' alzamento del fondo progredisce sollecitamente, e diviene poi anche presto capace d' un eccellente usufrutto. Ma per ottenere in breve codesto intento, si devono tener lontane da quelle allu-

vioni le bestie pascenti, non essendo che troppo frequente il costume di destinarle a pascolo degli animali, appena incominciano a dar segno di vegetazione.

§. 37.

Non sempre un taglio si forma con regolarità nell' atto stesso che s' ingrandisce, e riceve le acque del fiume. Una sponda disugualmente tenace, o qualche altra cagione, segnatamente poi una direzione obbliqua del fiume verso l' imboccatura del taglio, possono dargli motivo a deviare dal cammino che gli venne determinato, e sorpassare dall' uno o dall' altro lato la linea di sponda, e in generale a mettere il fondamento ad un corso irregolare e vizioso.

Si cerchi di allontanare immediatamente la causa, ovvero di coprire la minacciata o già assalita linea di sponda. Utilissimo in questo caso per tagli non molto ampii è il già indicato loro artificiale approfondamento collo strascinarvi delle ancore e rastrelli di ferro nella direzione in cui deve trovarsi il solco della corrente, il quale, in grazia di ciò, viene portato lungi dalla ripa e ridotto nel mezzo del nuovo alveo. In generale, finchè il novello corso siasi perfettamente stabilito, si ricerca una continua attenzione sugli effetti del fiume, ed una confacente cura di reggerli a seconda delle proprie viste. Acquistata che abbia il nuovo alveo la sua normale larghezza, è in ogni caso per lo meno giovevolissimo di spianarne regolarmente le sponde, e guernirle di piante.

SEZIONE SETTIMA

DELLE PIANTAGIONI

§. 1.

Le piantagioni occupano un posto di somma importanza nell' architettura dei fiumi, parte perchè esse sole hanno la facoltà di mantenere alcune specie di manufatti, e lo scopo di questi non può essere senza di esse pienamente raggiunto; parte perchè sovente mediante il loro convenevole impiego, qualora avvenga in propizia stagione, si può ovviare alla necessità di mettere in opera altri costosi lavori.

§. 2.

Tutte le specie di salici e di pioppi sono facilissime a propagarsi per piantoni, e quasi tutte allignano volontieri nei luoghi umidi, e sulle sponde de' fiumi e de' rivi. Vengono quindi preferite agli altri alberi nelle piantagioni idrauliche. I piantoni si tagliano in autunno, quando gli alberi lasciano cadere le foglie, o in primavera avanti che incomincino a pullulare. Ramicelli della precedente messa, aventi la grossezza del cannello di penna sino a quella di un pollice (met. 0,024), sono a quest' uopo adattati. Devono avere la lunghezza di uno e mezzo fino a tre piedi (met. 0,44 a 0,88). Si assegna loro una lunghezza maggiore negli alti manufatti, affinchè le loro estremità inferiori possano attinger meglio l' umidità, di cui hanno bisogno per una prosperosa vegetazione.

§. 3.

La foggia del loro impianto non è una sola. Si possono piantare in forami separati, in buche, ovvero in serie per entro a cavi longitudinali. È indifferente che si ponga nel terreno o l' uno o l' altro capo di essi, e volendo dare all' uno dei due la preferenza, si seppellisca quell' estremo che presenta un numero maggiore di occhi. Piantandoli isolatamente con un ferro a tale oggetto accomodato e guernito superiormente di un anello, nel quale viene introdotto un pezzo di legno per agevolare l' impugnatura e il calcamento, si fanno dei buchi nella terra, e vi si pongono dentro i piantoni. Nei fascinaggi l' impianto non può aver luogo in altra differente maniera. Quando i piantoni siano tanto sottili che non riempiano tutto il buco per essi forato, si colma il vacuo che lasciano nell' intorno con terra fina e asciutta, e quindi vi si versa dell' acqua. Collocandoli in buche, vanno queste scavate larghe, e fonde dieciotto pollici circa (met. 0,44), si dispongono in cerchio otto o dieci piantoni aderentemente alle loro pareti, e dopo ciò si ricolma la buca. Questi cavi isolati hanno riportata la denominazione alquanto strana di buche d' oca. Ove poi si voglia piantarli uno di seguito all' altro, s' incidono dei cavi longitudinali alla profondità di 12 a 18 pollici (met. 0,29 a 0,44), si appoggiano alle loro pareti uno dietro l' altro i piantoni, e quindi si getta di nuovo la terra nei cavi. Devesi, per quanto è possibile, evitare che vengano empiti i forami, le buche ed i cavi con arena, ovvero con ghiaia. Per questo bisogno si troverà quasi sempre nelle vicinanze una sufficiente quantità di limo fluviale, il quale contenga abbastanza di acqua per favorire il rapido e sicuro crescimento dei piantoni.

§. 4.

Quanto più sono fatti penetrare i piantoni nel suolo, e quanto meno a questo soprastanno, tanto più sicuramente essi vi prospe-

rano. La loro felice riuscita dipende assolutamente dalla circostanza, che gettino subite e numerose radici. Se per buona parte della loro lunghezza sorgono da terra, le gemme loro manderanno fuori, per dir vero, in breve tempo i polloni, ma le radici tuttavia piccole e rade non si trovano in grado di alimentarli, specialmente in suolo ghiaioso, o sopra fascinate, i cui strati di coprimento consistano di sabbia e di ghiaia, e in questo caso, quand' anche tutte le gemme abbiano già effettivamente germogliato, sopravvenendo la calda e asciutta stagione estiva, si corre pericolo di vedere quei germi a un tratto illanguidirsi e perire. Più presto ancora viene questo effetto a succedere, se i piantoni superiormente dividonsi in ramoscelli fronzuti, giacchè in tal guisa posseggono un maggior numero di occhi pullulanti, ai quali dalle rade ed esigue radici può essere ancor meno apprestata la necessaria nutrizione. Convien dunque che i piantoni sporgano da terra non più di due pollici (met. 0,05), che abbiano liberi due soli o tre occhi o gemme. Allor quando avranno messo un numero sufficiente di radici, cresceranno tanto più presto e con maggior vigore. Si deve aver cura che, nell' impiantarli, non resti offesa la loro corteccia.

§. 5.

Il tempo più favorevole per le piantagioni è l' autunno, e dopo questo la fine dell' inverno e il principio della primavera, avanti che i salici mettano le foglie. Si può veramente piantare anche più tardi, allorquando si abbiano tagliati i piantoni più di buon' ora, e conservati sino al momento dell' impianto effettivo in qualche luogo umido. Se nel frattempo si fossero alquanto disseccati, si terranno per un paio di giorni immersi nell' acqua, ove si può anche lasciarli finchè cominciano a metter fuori piccole radici. Allora poi devono subito e con la debita avvertenza essere posti in buche e cavi, affinchè le piccole radici ancor troppo tenere non vengano

offese, oppure non abbiano a inaridirsi. Anche in sul finire di luglio e nel principio d' agosto, allorchè spunta il secondo germoglio, si possono piantare i salici, benchè però con esito meno sicuro. Questo tempo è del resto raccomandabile per le piantate di quelle basse alluvioni di sabbia che in primavera ed autunno sogliono venire coperte dall' acqua.

§. 6.

A promuovere l' interzimento dei letti fluviali abbandonati, o di quegli spazii che vengono in certo modo conquistati al fiume, per esempio, delle alluvioni emergenti dall' acqua frammezzo ai ripari da presa, sono singolarmente adattate le siepi intessute, le quali, nel mentre incrociano la direzione della piena, che sopra vi decorre, inducono le materie fluviali, che sono incorporate colla medesima, o che si volteggiano radendo il suolo, a cadere nel fondo, ovvero ad abbonacciarsi. Nella direzione in cui si deve alzare la siepe, s' incidono dei cavi fondi un piede e mezzo (met. 0,44) all' incirca, si piantano nei medesimi, alla vicendevole distanza di circa un piede (met. 0,29), dei paletti lunghi da quattro a cinque piedi (met. 1,17 a 1,46), tagliati il meglio di tutto da verdi rami di pioppo o di salice, s' intrecciano questi dal basso all' alto con ramoscelli o verghe flessibili di salice, all' oggetto di farne una siepe, si riempie il cavo con terra di buona qualità o limo fluviale, e con lo stesso si forma altresì un colmo alla siepe per l' altezza di un piede e mezzo all' incirca (met. 0,44). In breve tempo spunteranno fuori i germogli, e si avrà una viva e folta siepaglia. Vengono queste siepi disposte alla distanza di quaranta a cinquanta piedi (met. 11,67 a 14,59) fra loro. Esse alzano rapidamente il suolo intermedio, il quale va inoltre guernito di pianticelle o isolate, ovvero in buche, quando la natura del fondo propizia non fosse allo spontaneo nascimento de' salici.

§. 7.

L' applicazione di codeste siepi non deve aver luogo se non allora che il suolo è già emerso, o che almeno incomincia a emergere dall' acqua. Se poi si trovasse tuttavia allagato per un'altezza non maggiore di tre piedi, e si stimasse necessario l' impiego delle siepi intessute, dovrebbero queste andare eseguite con qualche modificazione. Si conficcano cioè nel fondo dei pali più robusti, inferiermente ridotti a punta, e si collegano mollemente con bacchette di salice, in modo che ogni singolo strato dell' intrecciamento si possa agevolmente calcare all' ingiù sotto l' acqua con forcelle tagliate da forti rami, ovvero anche di ferro approntate a quest' uopo. Allorchè in tal guisa operando è portato il lavoro a fiore dell' acqua, completasi la siepe per via del metodo ordinario. Queste siepi nei piccoli fiumi valgono a tenere il luogo dei ripari da presa, e nei fiumi maggiori sono preferibilmente applicabili all' oggetto di sollecitare e compiere l' interrimento degli spazii interposti ai ripari stessi di presa. Esse a dir vero non vegeteranno così rigogliosamente come quelle dapprima descritte; al qual difetto, in caso di necessità, si può supplire con qualche piantata; ma ciò non ostante corrispondono pienamente al loro scopo. Esse sono anche chiamate siepi di alluvionamento.

§. 8.

Spesse volte è necessario di circondare le piantagioni col mezzo di siepi, onde preservarla dai maltrattamenti degli animali da pascolo, e in tale incontro è conveniente che formino parte delle piantagioni medesime. Se il fondo è, com' esser suole, abbastanza umido, si devono approntare con legna di salice o di pioppo. A questo fine si prendono delle pertiche degli stessi alberi in istato verde capace di vegetare, e si pongono nel suolo inclinate, alla guisa che scorgesi delineata nella fig. 20. Per dare maggior

fermezza al sistema, si collegano superiormente le pertiche inclinate con altre orizzontali, e in tutti i punti d' incrociamento vengono strette insieme con forti allacciature di vimini. Ove accada di erigere queste siepi in suolo ghiaioso, se ne deve promuovere la vegetazione aprendo per esse un apposito cavo, nel quale vengono impiantate, e poi ricolmando il medesimo con terra di buona qualità. Poichè ordinariamente il bisogno di esse dura soltanto fino a che la piantagione sia pervenuta a un sufficiente grado di crescenza, subito si scorge che ove si adoperasse per simili circostanze una delle comuni specie di siepi vive, questa non giungerebbe ad avere la occorrente grandezza che allora, quando ne sarebbe già cessato il bisogno.

§. 9.

Le piantagioni, di cui ho sin qui favellato, sono piantagioni a macchia, utili per eccellenza sì a promuovere gl' interrimenti, come a ritrarne legname da fascine. Nelle località, ove questo effetto è già conseguito, si possono altresì piantare dei salici o pioppi d' alto fusto. A questo fine si tagliano delle pertiche lunghe da otto sino a nove piedi (met. 2,33 a 2,63), e aventi il diametro di pollici uno e mezzo sino a due (met. 0,036 a 0,048), e collocansi alla distanza di dodici piedi (met. 3,50), una dall' altra entro buche appositamente scavate, nella riempitura delle quali superficialmente si assettano intorno al fusto dei buoni loti erbosi. La buca viene colmata in modo che all' ingiro del fusto rimanga un' affondatura, onde assicurargli in maggior copia l' afflusso dell' umidità. Le pertiche vanno recise a sghembo con coltelli bene affilati, e senza recar pregiudizio alle loro corteccie. A render molto sollecita la vegetazione di queste piante giova benissimo la pratica di tenere immersa nell' acqua la loro estremità inferiore, finchè comincia a gettare piccole radici, e di piantarle

poscia senza indugio, onde quelle tenere e minute radici non restino inaridite, usando in pari tempo l'avvertenza necessaria perchè non abbiano a patire alcun danno. Si deve perciò tenersele dappresso in un recipiente d'acqua durante l' operazione del loro impianto. Le stagioni a ciò adattate sono la primavera e l'autunno, giacchè le piantagioni che si eseguiscono nella state non hanno felice riuscita. Appena le pertiche impiantate incominciano a germogliare, si schiudono d' ordinario tutti gli occhi che trovansi sparsi nella loro lunghezza, ma se ne tagliano i butti con un coltello tagliente, ad eccezione di quelli superiori intorno alla cima, i quali sono destinati a formare la zazzera del futuro albero.

§. 10.

Le piantagioni a macchia, ossia di basso fusto, possono venire tagliate ogni tre anni, e sopra terreno di cattiva qualità ad ogni quarto anno. Solamente la prima volta dev' essere il taglio differito di un anno, onde lasciar tempo alle piante di prendere maggior vigore. Le piantagioni d' alto fusto si possono tagliare ogni quattro anni. Lasciandole troppo a lungo in riposo, i rami troncati, essendo troppo grossi, non germogliano volontieri, e il fusto poi rimane facilmente infermato nel midollo. Lo stesso accade se i rami si taglino troppo vicino al fusto. Bisogna sempre che i loro tronchi rimangano lunghi da tre in quattro pollici (met. 0,073 a 0,097). Si deve a quest' uopo servirsi di accette perfettamente taglienti, e menare il colpo dal basso all' alto, affinchè la pioggia scoli più facilmente per l' inclinata superficie de' tronchi. Convien togliere al fusto tutti i rami, poichè lasciandovene alcuno isolato, il vento potrebbe romperlo e schiantarlo con molta facilità, e per questa operazione non si deve già aspettare che sieno sbucciate le foglie, perchè allora i rami tagliati non tornano a pullulare volontieri, e alle volte anche periscono.

§. 11.

Ebbi occasione di convincermi che molto a torto è stato finora trascurato l' impiego degli ontani in codeste piantagioni. Sulle sponde dei rapidi fiumi, che corrono in ghiaia, essi si mantengono molto meglio dei salici, specialmente quando si lasciano crescere in altezza, il che ne' siti, ove non esiste alcun attiraglio in servizio della navigazione, può sempre aver luogo. Si dividono in due specie, le quali possono entrambe essere vantaggiosamente applicate per simile oggetto. La prima specie è l' ontano rosso *(alnus glutinosa)*, che si distingue per le foglie verdi oscure ed appiccaticcie; l' altra è l' ontano bianco *(alnus incana)*. L' ultima alligna bene in suolo ghiaioso, mentre la prima specie desidera all' opposto un fondo migliore, che contenga molta terra vegetale, od anche un fondo composto di torba. Ambe le specie si propagano per semi o per radici, ovvero si trapiantano allorchè i fusti sono ancor giovani. In qualità di piantoni, non prosperano che di rado. Non solamente per la difesa, che arrecano alle sponde, ma anche per la preferibile utilizzazione del loro legname nelle opere di fascinaggio, e dell' ontano rosso in qualità di legname grosso nelle costruzioni idrauliche, poichè nell' acqua riesce perfettamente pari alla quercia, meritano gli ontani di essere adoperati nelle piantagioni fluviatili, e segnatamente di entrare nel luogo dei pioppi e dei salici in quelle località, ove si è costretti di fabbricare le arche di sponda, per le quali essi forniscono travi delle requisite dimensioni ed a buon prezzo. Si formano anche con essi delle doccie e tubi per condurre l' acqua, i quali riescono mirabilmente durevoli.

§. 12.

Un' altra sorta di alberi, che alligna benissimo sul fondo abbandonato del fiume, e negli stessi greti di ghiaia, è il frassino eccelso *(fraxinus excelsior)*, albero magnifico che somministra il

più duro legno da fabbrica del nostro clima, ed è precipuamente idoneo a sollecitare ed avvalorare la utilizzazione di quei piani, quand' anche non si volesse piantarlo se non che per averne semplicemente cerchi da botte, pei quali è desso preferibile a tutte le altre specie di alberi.

§. 13.

Nell' impiantamento di salici e di pioppi, deve eziandio esser presa in particolare riguardo la loro facoltà di propagarsi per seme. Entrambi i sessi di queste due specie di alberi vivono, a somiglianza del canape e del luppolo, l' uno dall' altro divisi, e sono reperibili sopra due fusti diversi. Se si pianta una specie di alberi in luogo dove prima non esistevano, e se ne tagliano dei piantoni da fusti del medesimo sesso, si otterranno di nuovo fusti di questo sol genere, cioè o mascolino o femminino, e non mai sementi. Caso è questo frequente nelle adiacenze del Meno, dove appunto per ciò, negli stessi terreni alla loro vegetazione più favorevoli, non s' incontra spesso alcuna propagazione di giovani salici sorti spontaneamente dal suolo. Convien dunque sempre nell' impianto di una specie di salici o di pioppi, scegliere piantoni d' ambi i sessi, e collocarli alla rinfusa. Tosto poi che si saranno al bastante segno ingranditi, ogni luogo ignudo emergente dall' acqua nella state, si troverà in breve ora coperto da una improvvisa folla di giovani pianticelle semenzite, la quale rende affatto superfluo ogni artificiale piantamento.

§. 14.

Ora aggiungerò anche una specifica delle varie qualità di pioppi e di salici, che sono a proposito per fare delle piantate.

1.° Il *salice bianco* (salix alba), ed anche salice comune. Ha strette foglie in forma di lancette, appuntite, dentate a guisa di sega, da ambe le parti coperte di una sottil peluria serica. Egli

diviene un albero ragguardevole, ed è quindi principalmente adattato per le piantagioni d' alto fusto.

2.° Il *salice giallo* (salix vitellina); salice giallo da stroppe, salice giallo d' uovo. Le sue foglie sono ovali, somiglianti a lancette, liscie, dentate agli orli, ed hanno i gambi forniti di grosse glandule senza picciuolo. Esso arriva alla mezzana statura degli alberi, e può, in conseguenza, impiegarsi nelle piantagioni d' alto fusto, quantunque sia molto meglio destinarlo per quelle di basso fusto, per la ragione che cresce con rapidità, fornisce eccellenti fascine, ed è inoltre ricercato per altri usi, come per farne ritorte di legamento, cesti, panieri ed altri simili oggetti.

3.° Il *salice dei ruscelli* (salix triandria), anche salice mandorla, o vinco. Con foglie liscie da ambe le parti, configurate a lancetta, e dentate agli orli. I fiori mascolini hanno tre filamenti. Egli cresce soltanto a macchia, ed è perciò unicamente applicabile in piantagioni basse, per le quali merita tanto più di venire raccomandato, in quanto che si presta a molteplici usi.

4.° Il *salcio fragile* (salix fragilis), con foglie dentate alla foggia di sega, liscie, e conformate a lancetta. Le inferiori sono più piccole, ovali, e piegate all' indietro. Non essendo flessibile, e rompendosi con facilità, viene a ragione poco stimato, e potendosi del resto surrogarlo con altre specie di salici, non è molto raccomandabile per le piantagioni idrauliche.

5.° Il *salice monandro*, unisessuale (salix monandra). Le foglie ne sono strette, liscie da ambe le parti, e fatte a lancetta; in ogni fiore avvi un solo filamento. La corteccia dei giovani ramoscelli è rubiconda. Cresce piuttosto basso e molto frondoso, e perciò si rende proprio per rivestimenti di sponda, a preferenza di tutte le altre specie di salici.

6.° Il *salice caprigno* (salix capraea). Le sue foglie hanno la figura di lancette, sono ovali, di sopra vellutate, di sotto quasi feltrate, nel contorno ondeggianti e dentate. I fiori di esso si

distinguono da tutti quasi i rimanenti salici per la loro forma ovale. Giacchè non desidera esso un fondo molto umido, ed alligna benissimo negli ordinarii terreni, discosti da rivi e da fiumi, così rendesi molto adattato per le situazioni più asciutte, per esempio, sulle sommità di fascinaggi eminenti, dove gli altri salici, per difetto di umidità, crescono difficilmente, ed anche periscono.

7.° Il *salcio a foglie acuminate* (salix acuminata). Le foglie sono ovali, al di sopra ignude, inferiormente feltrate, rotonde al capo con una breve punta, intere agli orli. Anch' esso, come il precedente, ama un fondo poco umido, e merita, in questo riguardo, di essere egualmente preferito nella piantagione dei più alti manufatti.

§. 15.

Queste differenti specie di salici, che sono da per tutto reperibili, assai bene si prestano all' effetto che qui si vuol conseguire. Ma vi sono delle situazioni di monte così aspre, che i salici testè mentovati, come io stesso ho avuto occasione di rimarcare, o stentatamente, o nulla affatto vi allignano. Non mi è noto se finora siano stati fatti dei tentativi onde riconoscere se i salici che crescono nelle più elevate plaghe montane, piantati nelle vallate dei fiumi, vi godano di una prosperosa vegetazione, ed io stesso non ho avuto fin qui alcuna opportunità per raccogliere intorno a ciò osservazioni ed esperienze. Devo perciò limitarmi a indicare qui alcune specie di codesti salici, ed abbandonare la cura a' miei lettori, che ne avessero occasione e voglia, di fare sopra di essi degli esperimenti, o almeno delle osservazioni. Eccoli:

1.° Il *salice poliandrio* (salix poliandria). Le sue foglie sono liscie da ambe le parti, ovali e fatte a lancetta. Ciò che poi lo rende singolarmente facile ad essere conosciuto, sono i suoi fiori poliandri.

2.° Il *salice cenerino* (salix cinerea). Ha le fogle priolungate,

ovali, a denti di sega spuntati, con glandule nei denti. I giovani germogli, i picciuoli delle foglie, e principalmente le foglie appena sbucciate sono inferiormente vellose. Le stipule dentate, con glandule, a foggia di mezzo cuore.

3.° Il *salice a foglie reticolate* (salix reticulata). Le sue foglie sono ovali, perfettamente piene, nella parte inferiore vellose con finitezza, grigie, e foggiate a rete con vene più oscure.

§. 16.

Delle varie specie di pioppi, possono raccomandarsi soltanto le tre seguenti :

1.° Il *pioppo nero* (populus nigra). Esso dà un albero molto ragguardevole, cresce con somma rapidità, ed è quindi raccomandabile in ispecialità per le piantagioni d'alto fusto.

2.° Il *pioppo d'argento* (populus alba). Questo può essere adoperato tanto per le piantagioni di alto fusto, quanto per quelle a semplice macchia, e la copiosa quantità di sementi che sparge d'intorno , favorisce lo spontaneo propagamento della specie per seme.

3.° Il *pioppo di Lombarbia* (populus pyramidalis), è abbastanza noto qual albero da viale. La facilità di propagarne la specie a mezzo di piantoni, e il suo rapido crescimento molto lo raccomandano, ma però unicamente per le piantagioni d'alto fusto.

§. 17.

Oltre queste specie d'alberi e d'arboscelli, atte a formare delle piantagioni, hannovi eziandio alcune altre piante, le quali, sebbene non vengano ordinariamente piantate, ed anche esser piantate non possano, sono tuttavia di essenziale giovamento, parte perchè conferiscono al suolo una densa cotica erbosa, parte perchè servono a promuovere il sedimento delle bellette e delle terre fruttifere nei luoghi soggetti ancora ad essere allagati dall'acqua. Per il pronto

inerbamento dei terreni si presentano molto idonee le gramigne, le radici delle quali si tagliano in pezzi della lunghezza di quattro a cinque pollici (met. 0,10 a 0,12), si pongono in piccioli solchi a tal uopo escavati e si coprono di terra. Allorchè vuolsi rivestire una superficie col mezzo di piote, ossia di zolle erbose ridotte alla forma di parallelepipedi rettangoli, la consistenza delle medesime viene di gran lunga aumentata, se nelle commessure dei singoli pezzi si frammettono delle radici graminacee. Per altro queste piante non prosperano che in suolo leggiero e sabbioniccio, nè si giunge con esse a inerbare felicemente un terreno forte e compatto. Gioverà moltissimo che questo si semini con avena e trifoglio, che poi a grado a grado vengono soperchiati da varie piante silvestri, e degenerano in erba. Per ottenere un sollecito inerbamento, si spargano anche le sementi di diverse specie di erbe, fra cui l' avena altissima (avena elatior), che presso noi cresce dappertutto silvestre, l' olco lanato (holcus lanatus); il fleco dei prati (phleum pratense), e il dattilo comune (dactylis glomerata), vogliono essere tanto più raccomandate, in quanto che sono reperibili presso ogni bene assortito negozio di sementi.

Tra le piante che nascono spontaneamente, e prima delle altre, e che producono un eccellente inerbamento, merita menzione il poligono avicolare (poligonum aviculare), e il cinquefoglio anserino (potentilla anserina). L' ultimo, a mio parere, potrebbe esser anche seminato, perchè tanto sopra suolo leggiero, quanto alla superficie dell' acqua, per mezzo del suo stelo, che dilata prestamente le radici, forma esso un' utilissima vegetante copertura.

Parecchie piante non solamente promuovono la formazione di un suolo fruttifero, ma tutelano eziandio le sponde, servendo le loro radici a legare e stringere il terreno, e rendono per tal modo vano ogni tentativo dell' acqua di scalzarne il piede. A

questa classe appartengono numerose specie di carice o caretto (carex) dalle radici serpeggianti, la frammite bastarda, o canna sottile (arundo pseadophragmites), e la frammite o canna comune (arundo phragmites), ambe del pari con radici assai serpeggianti. L' idraulico dovrebbe esattamente conoscere queste ed altre piante congeneri, imperocchè da un Uomo, che si deve a giusto titolo reputare fornito di una superiore educazione, puossi anche pretendere un qualche grado di erudizione nella scienza botanica.

SEZIONE OTTAVA

DEL MIGLIORAMENTO DEI FIUMI IN GENERALE

§. 1.

Nelle antecedenti sezioni ho partitamente esposti i varii mezzi che si ricercano onde conseguire i diversi fini dell' architettura fluviale, e ho descritto l' impiego e l' attuazione dei medesimi; ora devo dunque passare al miglioramento dei fiumi considerati in tutta la loro estensione, e sotto tutti i loro rapporti.

Le proprietà di un fiume regolarmente costituito sono: che egli corra per un alveo, se non diritto, non però soverchiamente tortuoso, uniformemente largo e profondo, e col solco della corrente nel mezzo, che in verun luogo non danneggi le sponde disposte a durevole scarpa, e che non produca in alcun caso perniciose inondazioni. Codeste proprietà non si trovano riunite in alcun fiume nella natura, eccettuate singole località dei medesimi; s' incontrano solamente nei canali artefatti, e sarebbe una pazzia di volerle tutte procacciare con l' arte ad un fiume, nella sua totale estensione. L' idraulico, per altro, ha qui bisogno, siccome l'artista, di aver l' ideale del perfetto, a cui non intende veramente di giungere, ma solo avvicinarsi a norma del bisogno e della possibilità, e questo ideale è il fiume che possegga in tutto il suo corso le addotte perfezioni, ovvero anche il canale artefatto.

§. 2.

I due più importanti fini che l' idraulico si propone di conseguire per mezzo della fluviale architettura, o separatamente ovvero simultaneamente, sono i seguenti:

I. Che i fiumi non siano dannosi ai paesi che attraversano; e

II. Che siano navigabili.

Un fiume diventa *dannoso*

1.° colla distruzione delle sue sponde, e degli aggiacenti terreni, e:

2.° colle inondazioni.

Un fiume è *innavigabile*

1.° per la difettosa costituzione del suo fondo e delle sue sponde, e

2.° per soverchia velocità.

I.

Innocuità dei fiumi, e mezzi di stabilirla e di mantenerla.

§. 3.

La distruzione delle sponde e degli adiacenti terreni è cagionata da

a) viziosa direzione del solco e del filone,

b) soverchia larghezza del fiume,

c) isole e renai,

d) risvolte,

e) difettosi manufatti.

§. 4.

a) La *viziosa direzione del filone*, rispetto alle sponde, quando non è accompagnata da quella pure del solco, non produce d' ordinario che semplici scrostamenti di sponda, i quali si possono per lo più antivenire mediante alcuno di quei rivestimenti che ebbi a descrivere nella quarta sezione. Reca maggior pregiudizio la *svantaggiosa direzione del solco.* Se giace questo troppo presso alla ripa, ne proviene una corrosione, che non è poi sì facile di

spalleggiare. Qui prima di tutto convien cercare di rimuovere dalla sponda la causa della sua corrosione, vale a dire il solco. L'unico mezzo a ciò conducente, qualora le circostanze non esigano il mutamento dell' intiero corso, sono i ripari di difesa o quelli di spinta, secondo che l' ampiezza del fiume consente od impone l' applicazione degli uni ovvero degli altri. Nella sezion dei ripari è stato già riferito, quanto su questa materia si rende necessario di sapere. L' esito poi sarà sempre la norma più sicura onde decidere se, oltre ai ripari, divenga altresì necessario qualche rivestimento all' oggetto di premunire maggiormente la fronte intaccata.

§. 5.

Talvolta si scorge che la sponda è corrosa in una località dove il fiume scorre diritto, possiede la sua normale larghezza, e in generale comparisce di essere in uno stato regolare. Con tutto ciò la massima profondità trovasi aderente alla sponda, la quale è per tal motivo indotta a dilamare. La prevalente tenacità dell' alveo lungo il mezzo, e nella banda opposta, spesso ancora l' eventuale efficacia di qualche escrescenza e di qualche repentino didiacciamento, e simili altri accidenti, possono aver dato causa a tale deviazione del solco. Se la corrosione si arresta, ovvero se non fa che progressi assai lenti, si può allora con tutta quiete aspettare le ulteriori sue conseguenze, mentre assai di frequente accade, che il solco spontaneamente si allontani dalla ripa, la quale poi da sè stessa si forma di bel nuovo la scarpa. Progredendo però la corrosione, è da temersi che si venga con ciò a stabilir la base di una perniciosa risvolta. Qui non trovano spazio i ripari di difesa, se la corrosione è appena ne' suoi principii, giacchè non è lecito di restringere il fiume oltre la sua normale larghezza. Convien dunque applicare alla sponda offesa una scarpa fondale o subacquea, ovvero un' opera d' annegamento, o erigervi un' arca di sponda.

§. 6.

b) Soverchia larghezza del fiume. Nessun altro stato del fiume promuove più di questa la irregolare e svantaggiosa direzione del filone del solco e dell' intiero corso, e conseguentemente la rovina delle sponde. La difesa di queste mediante isolati lavori, che lasciano sussistere quello stato, non ha ordinariamente un successo diverso da quello che ottengono tutte le misure, cui dassi di piglio contro gli effetti, senza allontanare le cause, da cui essi derivano. Quantunque effettivamente si cerchi di presidiare la sponda con manufatti, la cui impostazione sia del tutto convenevole in riguardo all' attuale andamento del fiume, possono questi bensì per qualche tempo corrispondere al fine loro, ma subito che il fiume, favorito dall' ampio spazio pel quale va errante, cangia di direzione (il che nei veloci fiumi accade rapidamente e inaspettatamente), divengono que' lavori inoperosi e privi di scopo. Si avrebbe bisogno di ripari mobili o ambulanti, i quali potessero essere trasferiti da un luogo all' altro, dove pei deviamenti del filone risultasse necessaria la loro preferenza. Ma sgraziatamente manchiamo tuttavia di ripari per tale officio accomodati. Io ho veduto in rapido fiume montano, presso una località, dove la sua normale larghezza arriva appena a cento piedi (met. 29,19), con un letto per altro ampio da sette ad ottocento piedi (met. 204 a 233), ho veduto, dissi, un grande riparo, che per il corso di due anni aveva benissimo corrisposto all' intento, per cui era stato eretto, verso il quale poi nell' anno terzo durante una sola escrescenza ricevette il fiume un torcimento così svantaggioso, che andò a battere di punta contro la sponda immediatamente al di sopra dell' intestatura di esso, donde si fece strada radendo il fianco e la fronte del riparo medesimo, e dopo avere fieramente tormentata la sponda al di sotto, lo ridusse finalmente alla sua totale rovina.

In simile caso il buon successo assolutamente dipende dalla circoscrizione del fiume alla sua normale larghezza. Se, a cagion della spesa, si volesse evitarla, si si troverebbe in breve tempo delusi nella propria aspettazione, atteso che la spesa incontrata per manufatti privi di utilità, e destinati a premunire le sponde, si accumulerebbe nel giro di pochi anni in una somma, che quella normale misura non avrebbe importato giammai, e a fronte di ciò non sarebbesi niente più vicini alla meta, e da ultimo accadrebbe forse di vedersi costretti ad impiegare somme maggiori di quelle a cui dapprincipio si avesse preteso di ovviare. Allorchè un fiume per lunghi tratti si dilata oltre la sua normale larghezza, alza talvolta il suo letto ad un segno così grande, che si riduce a scorrere al di sopra di un ampio ed elevato scanno, il quale a dir vero di rado puossi discerner ad occhio, ma bensì col livello, e con l' osservazione degli effetti, che sogliono derivarne. Andando cioè ad investire in qualche punto le sponde così a fondo da accostarsi all' orlo più basso del ridosso o scanno dalle sue materie formato, vi acquista celeremente una considerabile caduta, devia spesso quasi ad angolo retto dal suo corso, e per questo, e per la straordinaria velocità che ivi concepisce, dà con tal furore l' assalto alle proprie sponde, che in pochi giorni vi genera una corrosione sì ampia e profonda, che neppure nello spazio di un anno in altre circostanze sarebbe in istato di fare. Nell' Eno, nell' Isera e nel Bech più di una volta ebbi a scorgere siffatto rovinoso effetto. Contro di esso verun altro mezzo si presenta più idoneo, quanto la circoscrizione alla normale larghezza, mediante la quale il fiume viene indotto a scavarsi il letto in quei tratti fino a quella profondità, che nei medesimi possedeva prima che si formasse il loro interrimento. Perchè poi tale circoscrizione possa sortire un buon effetto, convien che sia intrapresa su tutta la lunghezza del tronco interrito. Espediente che, per verità, riesce sempre anzi costoso che no, ma l' unico per altro che possa condurre alla meta.

§. 7.

I mezzi più efficaci per ridurre un fiume troppo ampio alla sua normale larghezza, sono i seguenti.

Qui possono aver luogo due casi: o la nuova linea di sponda, alla quale dev'essere limitato il fiume, trovasi così vicina alla vecchia sponda naturale, che da questa alla prima ponno essere alzati dei ripari, oppure l' intervallo che le separa è grande in modo, che i ripari dovrebbero avervi una eccessiva lunghezza. Nel primo caso, giova l' impiego de' ripari, intorno ai quali si è già distesamente parlato nella quinta sezione. Nell' altro caso, la linea della nuova sponda va costituita da argini. Il confronto poi dei rispettivi importi di spesa deve decidere a quale di questi due mezzi sia da darsi la prelazione. Ne' siti, dove i letti fluviali occupano uno spazio sovente decuplo della normale larghezza, si può di rado appigliarsi ad un partito diverso dall' ultimo. È per sè abbastanza palese che, qualora la confacente direzione da darsi al fiume lo conceda, si deve approfittare di una delle due sponde e munirla con ripari, e formare soltanto l' altra con argini.

§. 8.

Per il caso che debbansi inalzare degli argini, io propongo il seguente metodo di costruzione. Nella direzione, che si è stabilito di dare al fiume, si traccino con pali quattro linee parallele, delle quali le due intermedie siano fra loro distanti di quanto si estende la normale larghezza, e marchino le future sponde. Le due estreme giacciano dietro a queste di quaranta a cinquanta piedi (met. 12 a 15). Lungo le medesime si alzino degli argini, qualora la sponda sia lontana in modo, che fra essa e la linea normale della ripa futura non si possano più agevolmente condurre dei ripari di discreta lunghezza. Al piede di questi argini si dispongano dei ripari da presa, i quali si volgano alla parte superiore del fiume

sotto un angolo di gradi 60, e raggiungano colle loro fronti le due linee intermedie, cosicchè vengano a contenere appunto la normale larghezza, e due di loro giacciano sempre uno a rimpetto dell' altro. Dove il tracciato della corrente è rettilineo, possono questi ripari trovarsi alla scambievole distanza decupla della loro lunghezza. Se la direzione è curva, devono essere impostati più davvicino uno all' altro a tenore delle circostanze.

Il fiume framezzo alle loro fonti si scaverà il cammino, riempirà lo spazio tra riparo e riparo da ambebue le parti col proprio materiale, e vi formerà con ciò a poco a poco la nuova regolare sponda. Volendosi in seguito intraprendere nel fiume una formale arginazione, ovvero essendo probabile che possa un giorno venire intrapresa, convien rilevare la sezione del fiume nella massima piena, e, per quanto questa si estende, tenere l' un dall' altro lontani gli argini, onde poterli un giorno convertire in formali arginature di fiume. Allora vanno essi a stabilire le ripe della traboccante fiumana, le linee tirate lungo le fronti de' ripari formano le ripe, e l' alluvione dai ripari stessa compresa costituisce la golena degli argini.

§. 9.

Di qual materiale convien poi servirsi per la confezione di codesti argini? Se si volesse impiegare per essi lo stesso materiale, di cui vengono composti i ripari, la spesa all' uopo occorrente renderebbe il più delle volte inapplicabile questo mezzo. Per buona sorte la natura e l' esperienza qui ci vengono incontro in qualità di maestre.

Noi vediamo che negli stessi fiumi più rapidi, le sponde allorchè hanno una sufficiente pendenza ossia scarpa, non sono mai assalite dalla corrente, la quale piglia e continua il suo cammino in direzione parallela con esse. Vediamo inoltre che delle sponde, non d' altro composte salvo che di semplici ghiaie ed arene,

possono bene guarentirsi dalle corrosioni col mezzo di ripari di difesa in sito opportuno collocati. Siffatte osservazioni c' insegnano che le nuove sponde artificiali, vale a dire gli argini, di qualunque materiale vengano costruite, quand' anche del materiale fluviatile, che giace dappresso, possono riuscire durevoli, quando venga loro conferita una scarpa sufficientemente protratta verso il fiume (in tale caso, per lo meno di piedi due e mezzo per ogni piede di altezza), e al fiume si assegni una direzione con esse parallela, e venga oltracciò premunito il loro piede per via di ripari, i quali tanto meglio corrisponderanno allo scopo loro, atteso che il fiume ridotto alla sua normale larghezza, e avviato per un corso regolare, non è più in caso di prendere rispetto ad essi una direzione gran fatto svantaggiosa.

§. 10.

Imperocchè non sempre sarebbe consentaneo allo scopo, e per lo più troppo dispendioso tornerebbe il partito di alzare questi argini più di quattro o cinque piedi sopra il livello delle acque medie, per tal ragione devesi cercare di preservarli dai guasti e dai danni che potrebbero risentire in causa dei traboccamenti delle piene. Trovano qui nella maggior parte dei casi la loro applicazione que' mezzi, che abbiamo riferiti nella sezione concernente le armature e i rivestimenti delle sponde, col di più, che in tali incontri è necessario di riparare non solamente la scarpa dalla parte del fiume, ma eziandio la sommità dell' argine e la sua spalla in una maniera analoga affatto. A questo effetto si riconoscono molto idonee le siepi intessute con verde legno di salice e di pioppo, i grossi ciotti fluviali, e in fine un coprimento di terra vegetale o fanghiglia di fiume per farvi nascere l' erba, e in quanto fosse necessario ovvero possibile provvedere all'immediato inerbamento assettandovi sopra una copertura di piotte.

§. 11.

Ove sia necessario di assicurare pienamente la durata di queste nuove sponde artefatte, lo spazio, che si è sottratto al fiume per via di esse, deve a poco a poco andare interrito, almeno sino al pelo delle acque mezzane. Da ciò si scorge subito la convenienza di lasciare aperta fra esso ed il fiume una sufficiente comunicazione, affinchè quest' ultimo possa inondarlo colle proprie acque, e bonificarlo colle materie che sono alle acque stesse commiste. Si facciano quindi delle aperture negli argini, e precisamente sempre al di sotto di un riparo onde preservarlo meglio dai guasti, si attraversi lo spazio da imbonirsi con siepi composte di verde legna di salice o pioppo, e vi si faccia una piantagione di salici, qualora già da per sè non si copra di piante nate spontaneamente per seme. Siccome, in tal guisa operando, l' acqua in tempo di piena salirà a un livello pressochè eguale nel fiume e alle spalle degli argini, deve con ciò scemarsi il pericolo che gli argini restino danneggiati dalla sormontazione delle acque.

I ripari posti a difesa dell' argine sono da considerarsi in pari tempo quai ripari da presa, e l' alluvione che si vuol produrre nei loro intervalli dev' essere promossa col mezzo di siepi, le quali dall' argine si dirigano verso il fiume parallelamente ai ripari. Quando l' interrimento è giunto a toccare il confacente limite di estensione, sarà molto giovevole di rizzare una siepe viva anche da una fronte all' altra dei ripari, onde demarcare con essa la linea della sponda, e renderla durevole per l' avvenire.

§. 12.

Vien ora a proposito d' indicare due altre specie di argini, le quali sono naturalmente meglio applicabili al restringimento dei soli fiumi minori, e che non hanno grande profondità. L' una consiste nel conficcare, alla distanza di sette ad otto piedi (met. 2,04

a 2,33) circa tra loro, due file di pali della riquadratura di sei in sette pollici (met. 0,15 a 0,17), alquanto obliqui rispetto al fondo, e in modo che ambe le file vengono superiormente inclinandosi l' una verso dell' altra (fig. 21). I pali di una stessa fila ponno tenersi fra loro distanti da cinque a sei piedi (met. 1,45 a 1,75). Lo spazio interposto a queste due palate viene riempito con fascine, le code e le teste delle quali sono alternativamente collocate verso i fianchi dell' argine, ed ogni loro strato è coperto di terra, di limo, o di ghiaia, e la sommità viene coperta di sassi o grandi ciottoli fluviali. Per tener ferme queste fascine, non si ha d' uopo di vipere. I pali difendono l' argine dal corrodimento delle ghiaie, e quando alla fine vengono a infracidare, i germogli delle fascine hanno già acquistato bastante vigore, per non più aver bisogno della loro tutela. È d' uopo quindi portare la massima attenzione affinchè il corpo dell' argine possa vegetare. A questo effetto è utilissimo dalla parte del fiume l' alno bianco *(alnus incana)*, il quale per altro non alligna volentieri quando non abbia le radici bene internate al piede dell' argine.

§. 13.

Ove nelle vicinanze si trovino in copia sassi di qualche mole, possono gli stessi esclusivamente impiegarsi nella costruzione di tali argini. La loro sommità si fa larga da cinque in sei piedi (met. 1,45 a 1,75), e alla scarpa si assegna il quinto dell' altezza. La sede dell' argine va scavata a livello della massima magra. L' escavazione, che il fiume tende a fare al suo piede, può restare impedito per via del semplice artificio che segue. L' unghia del manufatto verso il fiume viene adattata sopra un tronco di albero *bb* (fig. 23), nel quale, in distanze di piedi dodici (met 3,50) circa, vanno incastrate a maschio e femmina le travi *a a*, lunghe cinque piedi (met. 1,45), e volte all' incontro della corrente sotto un angolo di gradi sessanta. Esse tengono luogo di

ripari posti a difesa del tronco *b b*, e allontanano molto bene ogni cagione che possa scalzargli il fondo per di sotto. In alcuni rivi delle saline della Baviera meridionale, queste due specie di argini sono state con pieno buon esito adoperate. Non hanno bisogno di alcun riparo che li protegga, e possono costruirsi immediatamente alla sponda.

§. 14.

Per tutti i manufatti di questo genere occorre di prendere in attenta considerazione la quantità e la qualità delle materie che il fiume seco trasporta nel suo corso. Un fiume che corra in acque quasi limpide, e che tutto al più contenga una tenue quantità di sabbia e di melma, può essere agevolmente mantenuto in un sistema innocuo e regolare ; imperocchè di rado soltanto muterà di letto, e investirà le proprie sponde, e non recherà danno agli stessi deboli lavori che s' impiegano per la difesa delle medesime. Non così avviene dei rapidi fiumi, che seco travolgono copiose e pesanti materie. Dopo ogni piena ne resta sul fondo una grande quantità, la quale poi ha l' efficacia di far prendere al filone un' altra direzione, e lo porta a battere contro le sponde, quand' anche la direzione del fiume fosse regolare, e lo stato di esso fosse il preciso stato normale. In conseguenza di ciò vanno questi fiumi soggetti a perpetue mutazioni di corso. Non si giugne a mantenerli in una condizione buona e invalida a nuocere se non quando si rendano inattaccabili le loro sponde, e conferendo possibilmente a tutte le opere, che si eseguiscono per la difesa delle medesime, un grado tale di consistenza, che il fiume si trovi astretto di rimuovere e convogliare innanzi i deposti banchi di sabbia e di ghiaia, prima di poter assalire e mettere a guasto le sponde e i lavori che vi sono connessi. Riescono naturalmente dispendiosi e malagevoli i mezzi da impiegarsi all' oggetto di rendere innocuo un fiume di questa natura. Se mancano questi oppure

se il valore dei terreni, che trattasi di redimere dalle inondazioni non è grande abbastanza da giustificare la spesa occorrente alla loro difesa, è meglio allora desistere da qualunque impresa ovvero nelle speciali località, dove è manifesto e indispensabile il bisogno di far qualche cosa, si deve limitarsi a quelle sole operazioni che si riconoscono le più necessarie.

§. 15.

Il metodo, secondo il quale venne in durevole modo ammansato un rapido fiume della Svizzera, la Linth, offre un mirabile esempio, degno di essere in molti casi imitato, ed io perciò reputo di doverne qui estendere la relazione (1). La Linth, mediante questa correzione, venne divisa in due tronchi essenzialmente diversi uno dall'altro, nel tronco superiore, cioè, il quale porta e deposita nel lago di Wall le grosse ghiaie che provengono dai monti di Glarn, e nel tronco inferiore, che dal lago suddetto perviene sino a quello di Zurigo senza più correre in ghiaia, e per conseguenza, lasciata quasi ogni tendenza d' intaccare le sponde, e di danneggiarle. Tanto più poi sarebbe questo il caso in quel primo tronco, ove non si avessero rese inattaccabili le sue sponde alle stesse più grosse ghiaie, le quali vi vengono di sovente trasportate colla rapida velocità di dodici e più piedi (met. 3,50) al minuto secondo. Codesto tronco fluviale per la ragione che incomincia nella vicinanza del villaggio di Mollis, e che il di lui alveo venne tutto prodotto dall' arte, è denominato il canale di Mollis.

Questo canale è lungo 13,000 piedi, (met. 3800) e si estende dal villaggio di Mollis sino al lago di Wall, con una caduta di tre piedi e due pollici (met. 0,92) sopra 1000 piedi (met. 292) della lunghezza. È largo in fondo 56 piedi (met. 16,34), di sopra 72 (met. 21,01) e piedi 8 (met. 2,33) profondo. Le sue

(1) Ved. i miei Annali di architettura, vol. I, pag. 187 e 188.

ripe hanno l' inclinazione di gradi 45, ossia la scarpa di un piede, e sono rivestite di sassi. Codesto rivestimento è grosso in cima $1\frac{1}{2}$, (met. 0,44) di sotto 5 piedi (met. 1,46), e la sua base giugne due piedi (met. 0,58) sotto il fondo del canale. I muri di sponda sono quindi alti dieci piedi (met. 2.92), oltracciò vengono al loro piede guarentiti dallo scalzamento dell' acque, mediante un selciato largo tre piedi (met. 0,88), e formato di grandi pietre. Per mantenere stabilito il fondo del canale, gli furono poste per traverso a convenienti distanze delle platee di sasso larghe 30 piedi (met. 8,75) all' incirca. Il canale è destinato a ricevere le acque della Linth nello stato ordinario e in quello di piena mediocre ; all' oggetto poi di smaltire le piene che sormontano le sponde, venne esso lateralmente munito di argini, l'unghia dei quali è discosta cinque piedi (met. 1,46), dal margine del canale, e sopra un'altezza di sette ad otto piedi (met. 2,04 a 2,33), hanno dalla parte interna la scarpa di due piedi, di un piede e mezzo dalla parte esteriore, e la sommità larga otto piedi (met. 2,33). Questo canale ha pienamente corrisposto all' intento, e senza soffrire il benchè minimo danno ha saputo resistere alle più alte e rovinose escrescenze, che sogliono seco travolgere una quantità di grossissime ghiaie. Tuttochè costosissimo il descritto metodo di costruzione (avendo il canale costato 145,000 fiorini, cioè 67 fiorini circa per klafter), pure esso venne mandato ad effetto dalle comunità site alle sponde della Linth superiore, le quali trattandosi della loro liberazione non si sgomentarono a fronte dell' ingente spesa, ed io lo vidi qua e là in varii fiumicelli della stessa Svizzera di già imitato. Certamente il prezzo dei terreni nella Svizzera è alto abbastanza per compensare questo bensì dispendioso, ma sicuro genere di costruzione : il che difficilmente si verifica nei paesi, dove è basso il valore dei fondi. Egli è per altro sempre più economico degli ordinarii metodi adoperati contro i rapidi fiumi, i quali in sul principio non esigono, è vero, una spesa così

forte, ma, in grazia della loro caducità e delle spese di manutenzione, che divengono perciò necessarie, riescono alla fine più cari del metodo surriferito, che sulle prime è, a dir vero, prezioso, ma durevole poi, e pressochè indestruttibile.

§. 16.

La Linth dal lago di Wall, dove lascia giù il pesante treno delle sue ghiaie, venne guidata nel lago di Zurigo. Ivi le sponde non hanno più bisogno di quel rivestimento di pietre, e non sono quindi d' altro composte, che di semplice terra. Le sezioni dei diversi riparti di questo tronco di fiume convertito in canale sono varianti, a seconda del pendio, che non è da per tutto lo stesso, e della quantità delle acque che lateralmente vi affluiscono. Là, dove il pendio importa più di un piede (met. 0,29) sopra 1000, (met. 291,86), della lunghezza, ottenne il canale una larghezza alla sommità di piedi 86 (met. 25,10), e alla base di piedi 70 (met. 20,43), la profondità essendo 8 piedi (met. 2,33). Furono oltracciò innalzati, da ambe le parti, degli argini alti 6 piedi (met. 1,75), distanti uno dall' altro 200 piedi (met. 58,37), da ciglio a ciglio, formando con ciò un alveo particolare per l' escrescenze del fiume. Anche questo canale, qualora si voglia risguadarlo qual alveo di fiume, ha pienamente satisfatto allo scopo, e dimostra quanto poca tendenza abbia un fiume, anche celere, di attaccare le proprie sponde, quando non porta più seco materie, e segnatamente quando non iscorre più in ghiaia. Ciò che merita qui più di ogni altra cosa imitazione, sono i due differenti alvei, l'uno per le ordinarie altezze dell' acqua, l' altro formato a mezzo degli argini per contenere le piene. Sono questi due alvei specialmente raccomandabili per i fiumi montani, l' escrescenze dei quali, che spesso sopravvengono in massa all' improvviso, hanno una smisurata proporzione colle acque medie, e vi saranno sempre adattati, quando i mezzi, che si hanno a disposizione, lo concedano, e

il valore dei fondi, da difendersi, venga a giustificare le spese, che per tale oggetto è d' uopo incontrare.

§. 17.

c) Le isole e i *renai*, sono per lo più una oonseguenza della soverchia larghezza del fiume, e sovente l' effetto delle corrosioni di sponda, e non la causa di esse, nella quale per altro sogliono tramutarsi, allorchè acquistano una certa grande estensione, imperocchè allora cominciano anzi a dare origine a viziose risvolte. È dunque necessario di farsi alle medesime incontro fino dal loro nascere. Intorno a qualche oggetto spesso insignificante, che si lascia giacere nell' alveo, possono accumularsi delle arene, le quali pongono il fondamento a un grande banco di sabbia, ovvero a un' isola. Finchè il filone non siasi peranco diviso in forza di tale ostacolo, ovvero finchè il fiume non si abbia lateralmente procacciato dello spazio mediante corrosione delle sponde, basta d' ordinario il lievo di quell' oggetto per disgombrare il ridosso, che in sulle prime si forma. Se poi avesse questo già fatto rilevanti progressi, o fosse anche divenuto un' isola, allora sarebbero necessarii più efficaci rimedii. Ciò vale del pari per gli ammassi di sabbia, che giacciono alle sponde, e che hanno ordinariamente luogo in seguito di una corrosione nella ripa opposta. Un banco di sabbia o renaio, che si estenda in figura di lingua verso la parte inferiore del fiume, produce un rigurgito, il quale, benchè lieve, è però sufficiente in tempo di piena a far che il fiume sormonti il banco stesso, e si avventi contro la ripa, producendo il medesimo effetto, che venne notato sul proposito dei ripari declinanti (Sez. V, §. 8, *d*). In questi casi è d' uopo ricorrere ai respingenti o pennelli, che sono quasi sempre il mezzo unico per allontanare siffatti perniciosi ingombramenti, quando per altro vengano posti ad esecuzione dietro le regole insegnate nella quinta Sezione, §. 23.

§. 18.

d) Le *risvolte*. I manufatti, che si costruiscono in difesa delle sponde, non possono mai assorbire maggiori spese, quanto nelle grandi risvolte. Ivi la corrente viene con potenza irresistibile serrata contro la sponda concava, che ne rimane corrosa, e per tal motivo si veggono le svolte ingrandirsi continuamente, ed invero con una rapidità che va sempre crescendo. In questi siti le opere difensive riescono appunto nella esecuzione molto dispendiose per la ragione che debbono sempre essere impiantate nella massima profondità del fiume, e tanto meno una dall' altra distanti, quanto più piccolo è il raggio della insenatura dell' alveo. Oltrac ciò divengono tali opere più costose ancora in vista della loro pericolosa giacitura nel sito, ove sono esposte ai più violenti assalti delle piene e dei rottami di ghiaccio, ed esigono perciò interminabili spese di risarcimento e di manutenzione. Il Reno contiene delle svolte, ciascuna delle quali, nel giro di pochi anni, ha ingoiato enormi somme di danaro, impiegate a sostenere la loro sponda concava, e che sarebbero state bastanti a farne più volte la rettificazione. Il taglio è inoltre, nella maggioranza di questi casi non solamente l' unico, ma bene ancora l'espediente più economico. Si ha finalmente deposto il pregiudizio, il quale faceva credere una impresa di questo genere congiunta a spese inaccessibili, e accompagnata da difficoltà insuperabili; ma bisogna anche dire che solo una esperienza, acquistata col sacrifizio di somme immense, ha potuto distruggere cotal pregiudizio. La grandezza che si esige nelle svolte, perchè sia giustificata l' intrapresa di un taglio, è varia nei varii fiumi, e soltanto la cognizione della loro natura può qui servir di guida all' idraulico. L' attraversamento di una svolta, che nell' Eno è inevitabile, esser potrebbe in eguali circostanze superflua nel men veloce Danubio, e un taglio necessario nel Danubio, potrebbe, in eguale insenatura e periferia della

svolta non esser forse giustificabile nel Meno, che corre in suo confronto più tardo.

§. 19.

L' intraprendimento di un taglio va per altro quasi sempre congiunto a spese di qualche entità, e se non vi si procede coi dovuti riguardi, possono talvolta derivarne ulteriori inconvenienti, maggiori anche di quelli che s' intende a rimuovere col taglio. Non si deve pertanto appigliarsi giammai all' impiego di questo mezzo senza evidente necessità, e senza che si abbiano previamente e maturamente considerate tutte le circostanze, che vi hanno luogo.

Finchè gli svantaggi, che provengono da una risvolta, possono andare allontanati con l' applicazione di mezzi più semplici e men dispendiosi, si debbono pretermettere i tagli, ma se vano riesce ogni tentativo fatto per garantire dagli assalimenti la sponda rientrante, se nella risvolta succedono nocivi e pericolosi insaccamenti di ghiaccio, se ivi il fiume trabocca dalle sponde, e, andando a spaliare sulle circostanti campagne, esporta il terreno smosso dal vomere, e sospende perciò l' aratura dei campi, se in causa delle frequenti tortuosità, è diventato pigro ed inerte in maniera, da non esser valido a portare innanzi le proprie materie, allora sono i tagli irremissibilmente necessarii. Non è poi lecito di mettere in non cale gl' inconvenienti, che possono dai tagli stessi conseguitare. Per esempio, un eccessivo aumento di velocità nei fiumi navigabili, un probabile affondamento dell' alveo, che potesse mettere in compromesso la stabilità di edificii adiacenti o vicini, la più celere sopravvenienza delle piene nei tronchi inferiori, l' alzamento delle medesime, e simili altri.

§. 20.

e) Difettosi manufatti. Questi si conosceranno facilmente dai loro effetti, e mercè confacenti misurazioni idrometriche, e

ricerche ; il più delle volte poi a semplice vista. Devono essi andare rimossi, oppure convenevolmente modificati. Non è d' uopo che io mi distenda su tale proposito, mentre l' intento di tutto questo libro si è quello d' insegnare ad evitarli, o se esistono, a migliorarli.

§. 21.

Passo pertanto alle cause delle inondazioni, e ai mezzi di tenerle lontane. Le cause delle inondazioni seguono qui appresso, e fra esse appunto incontriamo alcune di quelle, che vedemmo di sopra esser cagione dei danneggiamenti delle sponde.

a) Soverchia larghezza dei fiumi ;

b) Risvolte ;

c) Mal disposte confluenze ;

d) Sponde troppo depresse ;

e) Difettose chiuse ;

f) Difese frontali imperfette ;

g) Stretti d' argine.

§. 22.

a) Soverchia larghezza del fiume. Quasi tutti i fiumi traggono seco una quantità più o meno grande di ghiaie, d' arene, ec. (materie fluviatili), e hanno bisogno di un certo grado di forza per poterle spingere innanzi. Se questa manca, o se vien loro levata, lasciano depositarsi una gran parte di quelle materie, e alzano con ciò i loro letti, dai quali poi tanto più presto sortiranno nelle loro escrescenze. In nessun' altra maniera perde più facilmente un fiume quella forza a lui necessaria, che quando si dilata oltre la larghezza, della quale ha bisogno appunto per lo smaltimento delle sue acque (la normale larghezza). Allora hanno luogo per ogni parte i sedimenti delle torbide, e il fondo dell' alveo

può innalzarsi perfino sopra il piano degli adiacenti terreni, i quali vengono da ciò convertiti in paduli.

Più presto che altrove si verifica questo nei rapidi fiumi montani, i quali si trascinano dietro un immenso treno di sassi, di ghiaie e d' altre pesanti materie. In tal caso, specialmente se il prezzo dei circostanti fondi renda importante ed urgente la loro conservazione, deve il fiume andare circoscritto alla sua normale larghezza, onde abbia di nuovo ad acquistare la forza non solo di muovere innanzi quelle materie, ma ben anco di ristabilire la profondità del suo alveo.

§. 23.

In qual maniera possa un fiume essere ridotto alla sua normale larghezza, è già stato indicato ai §§. 6 sino 13 della presente sezione.

Codesto restringimento di alveo interrito per troppo grande espansione dell' acque, produce spesso il divisato approfondamento in una maniera di frequente assai celere. Io l' ho veduto scendere in una sola escrescenza di due e più piedi (met. 0,60). Questo rapido effetto dipende in gran parte dall' altezza dei manufatti costituenti la limitazione del fiume, siano essi ripari, o siano argini. Ma non sempre si possono questi produrre a quell' altezza che sarebbe desiderabile per ottenere un effetto possibilmente sollecito. Una volta però che sia incominciata l' escavazione, cresce l' altezza dei manufatti rispetto al fondo dell' alveo precisamente di tanto, a quanto arriva l' escavazione medesima, la quale poi prosegue a gradi sempre più grandi, a misura che l' alveo è in istato di contenere maggior copia di acque, e meno di queste si espande sopra la sommità dei manufatti, finchè da ultimo il letto trovasi compiutamente scavato, ossia pervenuto al limite massimo della sua profondità.

§. 24.

La circoscrizione alla normale larghezza può eziandio in altra maniera cooperare allo scemamento delle inondazioni. La velocità di un fiume è maggiore in pendenza uniforme, di quello che sia in pendenza variabile ; quest' ultima è spesse volte una conseguenza della sua ineguale larghezza. Il ristabilimento della normale larghezza ordinariamente produce anche la profondità normale, e con ciò un declive uniformemente distribuito. Anche la troppo grande superficie dell' alveo, che abbiamo veduto (sez. I, §. 10) essere una delle cause che ritardano la velocità, riducesi con siffatto mezzo a minori dimensioni. In ambi i casi deve la velocità venire aumentata, donde risulta che il fiume è messo in istato di smaltire in tempo eguale una maggior massa di acque, e che in conseguenza più radi ne saranno gli straripamenti.

§. 25.

La limitazione di alcuni fiumi alla normale larghezza non suole sempre operare uno scavamento, e questo accade quando la loro velocità è troppo scarsa, ovvero quando il fondo è tenace a segno da resistere alla forza escavatrice della corrente. In simile caso egli è necessario di attuare l' escavazione coi mezzi dell' arte in quella larghezza almeno che fa di mestiere alla navigazione, o immediatamente, o mediatamente almeno, sia col levar via, sia collo smuovere le materie fluviali che coprono il fondo. L' ultima operazione può effettuarsi, strascinando attraverso l' alveo delle àncore, o dei grandi e pesanti rastrelli di ferro (Sez. VI, §. 25). Una volta che il fiume si trovi ridotto alla sua normale larghezza, e che venga nella medesima mantenuto, non è più da temersi che i luoghi approfondati abbiano in seguito a nuovamente interrirsi.

§. 26.

Quando i ripari possono immediatamente impostarsi alla sponda, non troppo lontana, questa però suol essere tanto bassa che ad ogni mezzana piena venga già sormontata dall' acque, cosicchè il fiume nell' altezza la più favorevole alla sua escavazione perde la forza a tale oggetto necessaria; allora si deve rialzare la sponda con argini. Questi possono essere argini comuni di terra con la scarpa di due piedi, larghi in sommità piedi otto (met. 2,33) all' incirca, e vogliono poi, almeno dalla parte che guarda il fiume, essere rivestiti con una impellicciatura di piote. Si può anche scegliere a quest' uopo la foggia di costruzione descritta al §. 35, la quale guarentisce solidità e durata insieme, e dove il legname ed i salici si trovano a buon mercato, apporta altresì un risparmio notabile di spesa.

§. 27.

b) Le *risvolte* sono da annoverarsi tra le cause più gravi delle rovinose inondazioni. Quand' anche, col mezzo di argini, si riesca a tenere queste ultime lontane dalle adiacenti campagne, non puossi per altro impedire con essi gl' insaccamenti o gl' ingorghi di ghiaccio, che tanto facilmente accadono nelle acute risvolte; anzi codesti ingorghi vengono dagli argini piuttosto provocati. Essi possono arrestare il fiume nel suo corso, rigonfiarlo a una straordinaria altezza, e diventare micidiali al più alto segno, allorchè la furiosa corrente giugne a squarciare gli argini, che la tengono rinserrata fra limiti, e nelle svolte appunto si trovano questi fatalmente soggetti troppo spesso a tale pericolo. Qui pure non abbiamo altro più confacente rimedio, che quello di tagliare le svolte, e dirigere il fiume lungo un retto cammino.

§. 28.

c) Mal disposte confluenze di minori fiumi in maggiori. Due fiumi, ovvero due rami di fiume che si appressano l' uno verso l' altro, devono sempre riunirsi insieme sotto un angolo acuto. Quanto più piccolo, o sia quanto più acuto è quest' angolo, tanto più conveniente è la direzione dei due fiumi un rispetto all' altro; ma spesse volte accade che si accosti quest' angolo al retto, talora anche all' ottuso, cosicchè l' influente viene ad incontrar di fronte il recipiente. Una viziosa confluenza di questo genere è sempre accompagnata dalle più svantaggiose conseguenze. I due fiumi allora si sturbano a vicenda nel loro corso, e specialmente il maggiore nelle proprie escrescenze agisce sempre in modo estremamente nocevole sul letto del fiume minore, che in esso sbocca, attesochè vi entra a rigurgito. L' influente, in tal caso, viene non solo impedito dal portare innanzi le proprie materie, ma resta eziandio sopraccaricato da quelle che il fiume principale gli mette davanti, e precisamente al suo sbocco. Consimili effetti può lo stesso influente produrre sul recipiente, se corra di questo più celere, e seco porti una maggior quantità di materie. Il pernicioso effetto, per esempio, che l' Isar produce sul Danubio in grazia della loro unione ad angolo ottuso, è così rilevante, che per questa cagione sin sopra il ponte di Deggendorf nella lunghezza di un' ora trovasi quest' ultimo fiume ingombrato di bassi fondi e di renai con grave scapito della navigazione. Anche il Meno col suo viziosissimo ingresso nel Reno somministra un altro deplorabile esempio di questo genere. Siffatto vicendevole turbamento dei fiumi e l' alzamento dei loro letti, debbono inevitabilmente favorire le inondazioni ne' luoghi prossimi alle loro confluenze. Contro tale disordine avvi un solo espediente, ed è l' unione dei due fiumi sotto un angolo acuto, il quale non deve mai senza necessità contenere più di 45 gradi. Qui possono presentarsi diversi casi.

§. 29.

Il fiume, che mette in una più vasta riviera con direzione viziosa, può al suo termine avere un letto così ampio che rimanendo entro i limiti di questo, riesca possibile di dare allo sbocco una direzione scevra da qualsivoglia difetto. In questo caso i manufatti che lo tengono separato dal recipiente, devono avere quell' altezza che occorre per impedire alle sue piene di entrarvi con direzione svantaggiosa, ad onta della combinata regolazione dello sbocco. Codesti lavori hanno dunque da alzarsi colle loro sommità per lo meno fino al livello delle consuete escrescenze. La figura 24 ne offre l' esempio. La diga *a b*, che divide un dall' altro i due fiumi, convien che abbia l' altezza summentovata. I ripari *c c* riducono l' influente alla sua normale larghezza, e lo tengono nell' andamento della diga opposta.

§. 30.

Non presentando il letto dell' influente lo spazio necessario per il miglioramento dello sbocco, è mestieri di trasferirlo in un punto inferiore, e produrre in tal modo quell' angolo acuto, sotto il quale deve succedere l' unione dei due fiumi. Ciò non può aver luogo, che per mezzo di un taglio, come nella fig. 26 il taglio *a b* ci porge un esempio, e in tale incontro si rende applicabile tutto ciò che venne insegnato nella sezione dei tagli. È innegabile che non sia questa la più vantaggiosa pratica di miglioramento; infatti, si può fare l' angolo di confluenza acuto quanto si trova per bene, e poichè la caduta esistente da *b* a *c*, e da *c* fino ad *a* viene riportata sopra una linea più corta *a b*, ne consegue necessariamente un notabile accrescimento nella velocità del fiume, il che rende ancora più rado l' infortunio delle inondazioni.

§. 31.

Sommamente vantaggioso diventa lo sbocco di un fiume in un altro, allorquando i due filoni nel punto della loro congiunzione non fanno alcun angolo. Ciò si non avvera che dove il fiume principale forma una svolta, e può essere al minore assegnata una direzione tale, che il suo filone riesca tangente all' altro, come appunto dimostra la fig. 27. Là dove le condizioni locali rendono possibile cotesta direzione, non si deve tralasciare mai dal prevalersi di tale importante vantaggio. Si esige però che la svolta del fiume principale sia stabilita, o almeno non soggetta a danni, affinchè non si abbia a temere il caso di doverla un giorno variare.

§. 32.

Per buona sorte, solo rarissime volte accade che presso una sfavorevole confluenza si trovi qualche ostacolo, da non potersi rimuovere, come sarebbe un ponte, o qualche altro edificio, poichè, dovendosi allora mantenere invariato il letto del fiume, si renderebbero inapplicabili le regole di miglioramento fin qui suggerite.

In tale incontro, al difetto della confluenza si può unicamente rimediare con l' impianto di un riparo di divisione (*a b* fig. 25). Poichè a questo manufatto non può esser data una direzione che lo sottragga totalmente agli attacchi dell' influente, e oltre ciò, abbisognando il medesimo di una certa altezza, per essere in grado anche nelle ordinarie piene di corrispondere al proprio scopo, per tali ragioni è necessario di convalidarne la stabilità col mezzo di forti dimensioni. Una sommità larga da 18 a 24 piedi (metri 5,25 a 7,00), a norma della grandezza e velocità del fiume ; una scarpa contro gli attacchi di questo, di 3 e mezzo fino a 4 piedi ; rivestimento di essa con grandi sassi ; robustamento del suo piede mediante palizzate, ovvero mediante pezzi di affondamento

aggravati di pietre, allorchè fosse da temersi una escavazione per di sotto, e somma diligenza nell' esecuzione, sono pressochè sempre le condizioni indispensabili per assicurare la stabilità e la diuturnità del riparo.

Siccome in questo caso il manufatto divisorio costringe il fiume a fare una piegatura, così esso pure deve torcersi a seconda di una curvatura descritta con un raggio possibilmente grande. Oltre ciò, fa mestieri d' impedire, per quanto è fattibile, che il riparo si porti innanzi nel fiume principale, e ne vada a restringere la normale larghezza. Se ciò fosse inevitabile (caso per altro rarissimo, e sempre assai lieve, mentre un fiume in tali località ha per lo più una larghezza sorpassante la normale), conviene accuratamente premunire la sponda opposta dalle corrosioni, come in questa figura vedesi altresì praticato mediante il lavoro di rivestimento *c d*.

§. 33.

d) Sponde naturalmente depresse. Quando la bassezza delle sponde non proviene da innalzamento di fondo cagionato dalla soverchia ampiezza del fiume, nel qual caso limitando questa alla sua normale misura, si ottiene che il fiume nuovamente si escavi, devono esse venire rialzate, o piuttosto si devono formare nuove sponde artificiali mediante costruzione di argini. Chè a tale espediente debba farsi ricorso, dipende in massima parte dalla circostanza, se le piene sopravvengono nella stagione in cui le campagne si trovano coperte di frutti, come avviene nel Reno, ovvero, se non hanno luogo che prima, allo squgliarsi delle nevi e allo sciogliersi dei ghiacci. Nel caso primo rendonsi necessarie formali arginature. Queste sono tanto importanti, e danno materia a così ampio discorso, che ho loro dedicato una particolare sezione, alla quale devo pertanto rimandare i miei leggitori.

§. 34.

Ove non si abbiano che singole tratte di sponda depresse, dalle quali il fiume trabocchi, anche nelle piene ordinarie di estate, egli è certo necessario di alzarle con argini. Questi poi non hanno da estendersi che sopra quelle depressioni, e arrivare soltanto all' altezza delle altre tratte, lungo le quali, senza recar danno, straripano le maggiori escrescenze. A questo fine bastano argini di terra aventi in sommità la larghezza di otto a dieci piedi (met. 2,33 a 2,92), e con una scarpa sì alla fronte, come alla spalla di due piedi e mezzo. Se fosse previsibile un veemente arrovesciamento di acqua sul colmo dell' argine in tempo di piena, si potrebbe renderne più robusta la spalla coll' aumentarvi la scarpa sino a tre piedi di base sopra uno di altezza.

§. 35.

Nei minori fiumi si può accontentarsi di arginature men solide, e qui mi si presenta opportuna occasione di descrivere una specie di esse, che all' economia della spesa e alla facile esecuzione unisce il pregio della stabilità e della durata, come mostra ne fanno gli argini di questo genere costruiti colla più felice riescita in vicinanza alle saline meridionali della Baviera, lungo le rive del Mangfall, del Traun, e del Salach, di cui i due ultimi appartengono ai più rapidi e distruttori fiumi montani. Si battono due file di pali della riquadratura di quattro a cinque pollici (met. 0,10 a 0,12) circa, un poco inclinate l' una verso dell' altra, e si avviluppano i pali con ramicelli di salice atti tuttavia a germogliare. Sorgono con ciò due siepi parallele aventi l' altezza dell' argine, lo spazio interno delle quali viene riempito di terra. Non essendo questa gran fatto buona a promuovere al germogliazione dei salici, in aderenza alla parete interna delle siepi si mettono delle piote, o terra almeno di migliore qualità. Vegetano allora i salici, e conferi-

scono all' argine una fermezza, che perfettamente resiste a tutte le piene, quand' anche la sua sommità non sia larga che di soli sei piedi (met. 1.75). In que' siti poi, dove la vegetazione dei salici d' intrecciamento non è perfetta, si devono empire i vacui con piccole piante. Argini così fatti possono per avventura utilmente impiegarsi anche nei fiumi maggiori.

§. 56.

e. Fra le inondazioni causate dall' arte erroneamente applicata, le più comuni son quelle che provengono da *chiuse difettose*, o per essere portate ad una eccessiva altezza, o per essere mancanti di scaricatori nel fondo.

Tutti i molini hanno, o almeno dovrebbero avere dei pali confitti entro l' acqua, per mezzo dei quali è determinata la situazione della soglia e della cresta, e in conseguenza anche l' altezza della chiusa, ed è speciale incarico delle autorità politiche di vegliare, affinchè tale altezza non venga punto alterata. Ma questo oggetto è per lo più tanto distante dal cerchio dei loro affari, che con questo mezzo non sempre si può render vano lo sforzo interessato dei molinai a protrarre l' altezza delle loro chiuse. Il male è anche aumentato dalla ignoranza e dalla imperizia degli ordinari costruttori e racconciatori di molini. A fronte che alcuni molinai tengano a loro disposizione una massa d' acqua tre sino quattro volte più grande del bisogno nel conveniente impiego della medesima, per il numero delle loro macine, e che, per trarne il dovuto profitto, non si esigerebbe altro che di migliorare la condizione sommamente imperfetta delle gore o canali delle ruote idrauliche, pure amano meglio di rialzare le chiuse, ad onta che la soverchia altezza delle medesime divenga per loro stessi perniciosa in causa delle spese di manutenzione per ciò necessarie, e del maggior pericolo che vengano i molini malconci, e talora anche distrutti dalle piene e da' ghiacci. Questa funesta pratica rimane impunita

finchè non muova contro di sè qualche querelante, e per disfortuna non sempre questo si trova, atteso che l' esito della querela è quasi sempre incerto, e solamente le spese di essa sono certe. Da ciò le molte valli, attraversate da fiumi, ora convertite in paludi, e da ciò l' opinione del contadino in alcuni paesi radicata contro i molini, che egli risguarda quali nemici dell' agricoltura. Basta qui di avere accennate le sorgenti di questo male, mentre la loro soppressione, in quanto dipende dall' intervento della politica autorità, resta fuori del dominio dell' architettura.

§. 37.

Le conseguenze di questo disordine sarebbero meno gravi, ovvero nella maggiorità dei casi non si farebbero punto sentire, se le chiuse fossero munite nel fondo di scaricatoi sufficientemente dilatati. Lo scopo di ogni chiusa è il rigurgito del fiume onde procacciarsi la caduta necessaria per l' efficace impulso dei molini. Codesto rigurgito nello stato ordinario delle acque non arreca pregiudizio di sorte alcuna alla parte superiore del fiume, ma nelle piene accade pur troppo il contrario. Per questa ragione deve sempre una chiusa essere costruita in modo, che sopravvenendo le piene, non dia motivo a rigurgito, o almeno in massima parte lo sventi, vale a dire che sia provveduta di aperture abbastanza ampie conosciute sotto il nome di *scaricatori*, che si possano aprire e chiudere a piacimento. Moltissimi molini trovansi invero muniti di tali scaricatori, ma per essere troppo angusti non bastano d' ordinario che a preservare dai danni delle piene i molini stessi, e rimangono del tutto inoperosi rispetto alle campagne superiori. Per ottenere anche questo benefizio, non si dovrebbe mai far mancare ad essi una sufficiente ampiezza, e siccome le chiuse e le soglie impostate troppo alto, per lo più non sogliono nuocere, salvo che in tempo di piena, così il miglioramento delle chiuse per mezzo di scaricatori nel fondo, allontanerebbe anche il male

che può nascere dalle medesime o che effettivamente è nato, o almeno lo impedirebbe in massima parte.

Per ottenere con sicurezza questo intento, dee venire determinata l'altezza dell'acqua, nella quale è il molinaio tenuto di aprire lo scaricatoio, e la quale non deve egli mai lasciar sormontare dal fiume, senza avere alzato prima tutte le paratoie della sua chiusa. A tal fine sarebbe cosa molto conveniente di segnare quell' altezza d' acqua nello scaricatoio medesimo in una maniera durevole e visibile a ciascheduno, affinchè ogni individuo interessato possa essere alla portata di farne l' osservazione, e, quando fosse necessario, esigere l' aprimento dello scaricatore dal molinaio, il quale allora non troverebbe più pretesto alcuno per rifiutarvisi.

Le chiuse più adattate sono senza contrasto quelle, il fondo delle quali tutto consiste di scaricatori. Silberschlag, nel secondo volume della sua Idrodinamica descrive una chiusa così fabbricata, che esiste presso Cotbus nello Spree, e per le cui aperture possono in un secondo scaricarsi 1000 piedi cubici (met. cub. 249) di acqua, e il Wiebeking, in Baviera ne ha costruito tre, due cioè in Landshut, ed una a Monaco, le quali in ordine al distornare gli allagamenti, corrispondono possibilmente con l' effetto, massime dacchè se ne hanno rimosse le imperfezioni.

Bastano per ora questi cenni intorno alle chiuse, mentre mi riservo di parlarne in appresso con particolare dettaglio, alla sezione che tratta per appunto della loro struttura.

§. 38.

f) Le *difese frontali imperfette*, e g. *gli stretti d' argine* non sono che troppo spesso cagione di rovinose inondazioni. Provengono le une e gli altri dall' avere intraprese operazioni idrauliche senza cognizioni sufficienti, senza previe osservazioni idrometriche, a semplice misura d' occhio, ovvero dietro particolari viste di pseudo periti d' acque. Lavori piantati di questa guisa in

un fiume, lo mettono in disordine, sconcertano il suo corso, e producono rigurgiti, ingorgamenti di ghiaccio ed allagazioni. Più pericolose ancora diventar possono le arginature fluviali dietro erroneo sistema innalzate. Se queste abbiano dei risalti, che impediscano il corso del fiume, ovvero de' luoghi stretti, che diano motivo alle ostruzioni del ghiaccio, allora le rovine divengono tanto più spaventevoli, in quanto che la corrente salita a grande altezza sopra i contigui distretti, tosto che arriva a squarciare le opposte barriere, gli argini, si arrovescia precipitosamente sui circostanti piani, spargendo da per tutto la desolazione e la strage. Un terribile esempio delle conseguenze, che possono derivare da lavori malfatti di questo genere, è la distruzione avvenuta nel secolo XV, di una delle più belle parti d'Olanda. Uno stretto d'argine esistente nei dintorni di Dortrecht nella Meerwede indusse il fiume a squarciare gli argini (nella notte del 18 al 19 novembre dell' anno 1421), e settantadue villaggi e parecchie migliaia di uomini furono in poche ore sepolti nei flutti. Tristi conseguenze di somiglianti erronee costruzioni ci vengono senza numero dalla storia dell' arte ricordate, e predicano ad alta voce la necessità di accordare alla scienza delle acque la dovuta attenzione, di affidarla soltanto a mani esperte e capaci, e di non lasciare addietro le cure necessarie per la formazione di valenti idraulici.

II.

Mantenimento della navigabilità dei fiumi.

§. 39.

Le principali condizioni della navigabilità di un fiume si riducono a un alveo abbastanza largo, profondo, e libero da ogni pericolo per le barche, a comode e sicure vie di attiraglio, e ad una non troppo grande velocità.

§. 40.

Un letto di fiume può essere considerato per navigabile quando è sei volte circa più largo delle minori barche usitate per i trasporti, e quando la sua profondità minima supera di alquanto quella profondità sino alla quale s' immergono le barche anzidette. In generale egli è difficile di determinare quale sia per una barca il minimo carico, dove la navigazione guarentisca per anco un sufficiente vantaggio. Sul Meno, per esempio, dei battelli carichi di sessanta centinaia (di libbre) vengono tirati da due uomini, e vi si trova tuttavia annesso bastante guadagno per dar da vivere ai loro proprietarii. Una barca lunga piedi cinquanta (met. 14,60), larga sette (met. 2,04), e che pesca venti pollici (met. 0,49), può andare caricata da 120 a 130 centinaia, e per tali barche possono incontrastabilmente rendersi navigabili anche i più piccioli fiumi. Nel seguito avrò occasione di far conoscere felici sperimenti di navigazione sopra fiumicelli di tenue portata.

§. 41.

Le cause delle inondazioni e dei guasti alle sponde di sopra mentovate, servono anche in gran parte di ostacolo alla navigazione. Ciò che si è detto nel proposito di rimuoverle e di antivenirle, trova qui pure in parte la sua applicazione. Non resta quindi da indicarsi che quanto si esige per sormontare le chiuse de' molini, per tenere espurgato l' alveo, per le proprietà delle vie d' attiraglio, e per il grado di velocità, nel quale può aver luogo una navigazione.

§. 42.

Le chiuse de' molini sono per appunto uno dei più comuni ostacoli della navigazione. Nei minori e rapidi fiumi possono queste talvolta arrecare un eminente vantaggio, mentre, nell' atto

stesso che rallentano la velocità di essi, vengono ad aumentarne l' altezza. Spesso anzi divengono in codesti fiumi un mezzo indispensabile onde ridurli navigabili. Ma la loro montata è nella maggior parte dei casi congiunta a grandi difficoltà, per vincer le quali si ricerca fatica e perdita di tempo non lieve. Nelle vaste riviere, la cui navigazione è di una eminente importanza, non può essere permessa l' erezione di chiuse, che tutto al più, presso le grandi città, dove possono rendersi indispensabili, e quando in altri luoghi già sussistessero, si deve cercare in ogni maniera di farle demolire. Un fiume navigabile costituisce una nazionale proprietà sommamente importante per la prosperità generale, e non può venir subordinato ai bisogni di singole comunità, e meno ancora di singoli privati.

Nelle località, ove non si può fare a meno delle chiuse da molini, il passaggio per le medesime deve stabilirsi facile e comodo, mediante le così dette conche o sostegni amovibili. In una sezione apposita saranno indicati i mezzi per render navigabili i fiumi, e ivi appunto cadrà in acconcio di descrivere la costruzione di tali edificii, ed i vantaggi che lor sono inerenti.

§. 43.

Nei fiumi navigabili è assolutamente necessario di stare bene attenti alla nettezza dell' alveo, in quella parte specialmente ove ha luogo la navigazione. Perciò ad ogni anno dopo lo scioglimento de' ghiacci, in que' fiumi che vanno soggetti a frequenti alterazioni, o ne' quali vengono facilmente trasportati da' rivi tributarii tronchi ed altre voluminose materie, che possono riuscire di pericolo alle barche, dopo ciascuna notabile piena, si deve accuratamente scandagliare il fondo navigabile, e dov' è necessario, espurgarlo. Nella sezione poco fa menzionata avrò l' occasione di suggerire diversi artifizii per estrarre grandi e pesanti massi dai letti fluviali.

§. 44.

Le *vie d' attiraglio,* o strade alzaie costituiscono un requisito indispensabile de' fiumi navigabili onde poter viaggiare a ritroso della corrente, e non debbono mai in verun luogo andare interrotte. Quindi sui corsi d' acque che intersecano le vie d'attiraglio si devono gettare dei ponti, e sopra siti pantanosi dev' essere stabilito un sentiero bastevolmente consolidato. Nei piccoli fiumi, ove navigano soltanto battelli tirati da uomini è sufficiente una larghezza di piedi quattro (met. 1,17), per un cavallo di sei (met. 1,75). Due cavalli attaccati a paro ricercano uno spazio di dieci piedi (met. 2,94). Codesta ampiezza sarebbe bastante eziandio per due e più coppie di cavalli, se la direzione obliqua, secondo la quale devono i cavalli spesse volte tirare, non esigesse uno spazio maggiore. In tal caso è necessaria sempre la larghezza di quattordici piedi (met. 4,08). La calca di cavalli nelle spedizioni navali sul Danubio, che arriva spesso al numero di sessanta, esige una larghezza esorbitante. Ma questa quantità di animali da tiro è una conseguenza dei difettosi sistemi di navigazione, ed è più confacente di correggere questi ultimi, di quello che provvedere per una larghezza nella via d' attiraglio accomodata per tanti cavalli. La superficie ne dev' essere abbastanza compatta, affine di non difficoltare il transito delle bestie ne' tempi piovigginosi, e perchè non resti facilmente danneggiata in causa degli straripamenti.

§. 45.

Le strade alzaie vogliono essere abbastanza alte rispetto al fiume, affinchè possano soprastare al pelo della massima piena, nella quale trova ancor luogo la navigazione. S' incontrano delle vie d' attiraglio artificialmente innalzate sul fiume, che sono sostenute da muri di rinfianco. Questo metodo di costruzione non me-

rita, a mio parere, di venire imitato, mentre quei muri riescono assai pericolosi ai cavalli, i quali non di rado sdrucciolando all'indietro, vanno giù della strada. Le scarpe, che nelle situazioni esposte agli attacchi del fiume, devono venire cosperse di sassi, od anche lastricate, non espongono i cavalli a quel rischio, poichè anche sdrucciolandovi giù non si fanno alcun male, e possono poi facilmente rimettersi sulla carriera stradale; laonde sono esse certamente preferibili a que' muri di sostegno, i quali per tale officio si debbono assolutamente proscrivere.

§. 46.

Un requisito accessorio dei fiumi navigabili è riposto nella loro attitudine di trasportare a galla legni e zattere, ossia convogli galleggianti di legname. Basta per ciò che il fiume abbia una profondità di diciotto pollici (met. 0,44). Siccome questo trasporto non può aver luogo a ritroso della corrente, così anche una grande velocità non giunge mai a impedirlo. Al contrario viene in grazia di questa sollecitato ed agevolato, nel mentre che la lentezza del corso non fa che ritardarlo e renderlo malagevole. Le chiuse de' molini hanno da essere munite di comodi guadi per le zattere, che mi riservo a descrivere nella sezione speciale delle chiuse.

§. 47.

La questione della massima velocità di un fiume, nella quale la navigazione serba tuttavia dei vantaggi sopra il nolo dei trasporti di terra, può ben essere considerata come non peranco decisa. Alcuni l' hanno fissata a sette piedi (met. 2,04) per minuto secondo. È possibile per altro una vantaggiosa navigazione anche in velocità, che sorpassi questo limite. Infatti le barche che portano il sale da Hallein sopra il Salzach e l' Enno, tornano indietro contro corrente, e vi percorrono cinque leghe al giorno, ad onta che

il Salzach corra con la velocità di otto a dieci piedi (met. 2,33 a 2,92) per secondo. La ragione, per la quale i fiumi di questo genere non si hanno finora che poco, ovvero nè poco nè punto, navigati, consiste meno nella loro velocità che nelle altre loro proprietà con questa combinate, sfavorevoli alla navigazione. I fiumi velocemente correnti, d' ordinario non sono ancora lontani dalle loro origini; si trovano per conseguenza ingombrati da renai e bassi fondi; i letti loro e le sponde soggiacciono a frequenti alterazioni. Siffatte circostanze sono, egli è vero, d' impedimento alla navigazione, ma possono però con l' intervento dell' arte essere in massima parte appianate. Dunque una velocità più grande di sette piedi non ci deve indurre a giudicare solamente per questo innavigabile un fiume. È poi certo che un miglioramento delle barche adattato alle circostanze e allo scopo può restringere i limiti della innavigabilità quanto che basta al disopra della velocità suddetta. Qui rimane ancora un vasto campo a perfezionamenti, tanto sulla via della teorica come su quella della pratica.

§. 48.

Nei piccoli fiumi non vuolsi prendere unicamente in riguardo la velocità che loro è propria, ma quella eziandio che ha luogo intorno ai lati delle barche che navigano allo insù, e da queste appunto viene prodotta. Una barca che è tirata all' insù in un fiume ristretto, o in un canale, fa nascere avanti di sè un rigurgito, poichè di tanto appunto restringe l' area della sezione del fiume o canale, quanto importa l' area della sua propria sezione, che trovasi immersa nell' acqua. La grandezza del rigurgito dipende non solo dalla larghezza dell' alveo, ma altresì dalla profondità e velocità della barca. Nel Vils, in una larghezza di sessanta piedi (met. 20,43), la profondità di tre piedi (met. 0,88) e la velocità di due piedi e sei pollici (met. 0,73), dinanzi a barche larghe undici piedi (met. 3,21), e immerse nell' acqua per ventidue

pollici (met. 0,53), io ebbi a riscontrarlo di tre pollici (met. 0,07) incirca. Codesto rigurgito deve naturalmente produrre una corrente retrograda lungo le pareti laterali della barca, la cui velocità è proporzionale alla differenza fra le altezze dell' acqua innanzi e dietro la barca, o sia alla grandezza di quel rigurgito. Questa circostanza influisce essenzialmente sulla intensità della forza, che si richiede per far camminare la barca in fiume poco largo, dove essa non dipende dalla velocità propria del fiume, ma da quella che ha luogo lateralmente nella barca e sotto di essa, qual conseguenza del rigurgito. È ovvio a scorgersi che questa velocità dev' essere tanto più forte, quanto più angusta è la sezione del fiume, e che nei fiumi assai stretti può salire ad un segno abbastanza grande da annientare tutti i vantaggi della navigazione.

§. 49.

Le ampie svolte allungano la navigazione, fanno crescere le tariffe di nolo, e in causa delle corrosioni di sponda, che sono da esse cagionate, rendono gravosa la manutenzione delle vie di attiraglio. Tali svantaggi concorrono a raffermare i motivi già addotti per il taglio delle medesime.

Il punto più importante da discutersi, su questo proposito, concerne la possibilità che i tagli siano per aumentare la velocità di un fiume navigabile in pregiudizio appunto della navigazione. Ma di rado assai suole presentarsi un tal caso. Non si può negare che in ogni taglio non nasca dapprincipio una velocità molto più grande della ordinaria del fiume, e nascer deve, atteso che la caduta che ha luogo in una linea più lunga, riportata viene sopra un'altra più breve. Ma questa velocità diminuisce nel seguito, e, quand' anche un accrescimento della medesima avesse a rimanere, viene questo scapito largamente compensato dai molto più grandi

vantaggi che arrecano i tagli alla navigazione. Andiamo a considerarne più davvicino le cause.

Sin tanto che il taglio conserva la pendenza che ha quando viene aperto, la velocità nel medesimo sarà senza contrasto molto più grande di quella che esisteva nella risvolta per esso abbandonata. Ma questa velocità si comunica anche per un notabile tratto al tronco superiore immediatamente contiguo, ed ivi agisce sull' approfondamento dell' alveo, fino a che da ultimo trovasi la caduta del taglio distribuita sopra una lunghezza del fiume tanto un protratta, che la velocità dileguasi quasi, o diventa per lo meno insensibile. In questo modo la cresciuta velocità si stabilisce da sè stessa i confini. Se il letto fluviale consiste di materie leggiere e mobili, questa variazione, nella maggior parte dei casi, è già venuta a capo, prima che il taglio abbia conseguita la sua totale larghezza.

Ciò sempre accade nei tagli isolati, non però in una serie di essi, che si estenda sopra un tronco fluviale ben lungo delle miglia. Il primitivo incremento della velocità viene qui pure in seguito diminuito, ma una porzione di esso vi resta permanente. Occorre allora una forza più gagliarda per tirare le barche a ritroso della corrente. Ma non per questo si rende sempre necessario un maggior numero di animali da tiro, in quanto che devono questi ognora impiegare una parte della loro forza nella velocità, con la quale traggono il carico, e facendo di quella risparmio in una trazione più lenta, possono spenderlo a superare la maggior resistenza del mezzo. Quell' aumento di velocità nel fiume ha dunque pressochè sempre per unica conseguenza un tiro delle barche più rallentato, il quale dall' accorciamento della linea navigabile è a gran pezza compensato, e con ciò pure viene quanto che basta risarcito il navicellaio del maggior numero di cavalli d' alzana, quando questo fosse per rendersi effettivamente necessario.

La giustezza di queste riflessioni è dall' esperienza pienamente

confermata. Io ho più volte osservato che appena un taglio aveva raggiunta un' ampiezza sufficiente per la navigazione, e in pari tempo esistendo nel gomito tagliato una profondità in cui le barche potevano ancora pescare, cosicchè stava tuttavia in pieno arbitrio dei navicellai la eletta tra le due strade, questi preferivano sempre la più corta, quantunque la velocità nei tagli non ancora del tutto allargati, fosse, come sempre, anche molto più grande di quella che aver sogliono dopo la loro dilatazione fino alla normale larghezza, e nel vecchio alveo, in causa della già scemata massa dell' acqua, fosse la velocità minore di prima, e trovavano che il conseguente risparmio nelle spese di navigazione saliva sempre a un importo, che di gran lunga superava la mia aspettazione.

Non vuolsi negare che i fiumi, veloci a un modo, che perciò si avvicinano ad essere innavigabili, i tagli possano a tal estremo realmente condurli. Ma appunto in fiumi di questa natura sono i tagli al maggior segno indispensabili, e per lo più non tanto per conservare la loro navigabilità, senza di ciò poco o niente apprezzabile, quanto per renderli navigabili: al qual effetto le svolte tagliate non possono più servire di ostacolo, attesochè la soverchia velocità dee venire in qualche maniera rallentata.

§. 50.

A tutti i mezzi e a tutti i metodi pratici, fin qui suggeriti nell' intento di correggere e migliorare lo stato di un fiume, deve precedere una confacente determinazione della direzione di esso. Presso al termine di questa sezione, m' incombe di riferire il più essenziale anche su tale argomento, e adattarlo alle cose già dette, aggiungendo in pari tempo tutte quelle considerazioni, che negli antecedenti paragrafi non potevano trovare il luogo opportuno.

Nei fiumi non molto sregolati, si può e anzi si deve spesse volte progettare i lavori occorrenti a singole località, senza ri-

guardo alla loro complessiva estensione: il che si verifica ne' casi, in cui fanno di bisogno soltanto ripari di difesa, ovvero di alluvionamento, quantunque qui pure non si giugnerebbe all' intento quando si trattasse di fissare esclusivamente il sito dove necessario si rende l' intervento dell' arte. Di rado nei fiumi giace la causa del male là per appunto, ove se ne appalesa l' effetto. È d' uopo per conseguenza investigare ove sia, e allontanarvela. Se si volesse combattere soltanto contro l' effetto, e nel luogo ov' egli si manifesta, non si farebbe altro che avvilupparsi in una perpetua e vana lotta col fiume.

§. 51.

Questo caso suol essere frequentissimo nei fiumi caduti totalmente in disordine, e in singolar maniera nei rapidi fiumi di montagna.

Ivi la causa di quel pregiudicievole effetto non giace solamente da questo più lontana che negli altri fiumi, ma le origini di tutte le rovine in fiumi di questa natura, ordinariamente si trovano in reciproco legame fra loro, in quanto che esse ora causa ed ora effetto addivengono. Non si arriva mai a rimuovere alcuna di esse, qualora si considerino e si trattino separatamente, e convien sempre prefiggersi un intero distretto fluviale, e progettare per la migliorazione di esso un piano sistematico, che lo abbracci in tutta la sua estensione. Codesto piano sistematico generale non è niente meno necessario anche allora, quando al momento non se ne possa mandare ad effetto che una parte soltanto, giacchè senza di esso potrebbe facilmente accadere che lavori, i quali mentre paiono forse, nel luogo ove sono impostati, corrispondere in sulle prime allo scopo loro, in seguito però vengano ad esercitare una nocevole azione sui rimanenti punti del fiume, ovvero, per mancanza di accordo co' lavori ivi eseguiti, divengano in seguito a questi

cagione di ruina, altri e nuovi disordini facciano nascere nel fiume, o ne impediscano il futuro completo miglioramento. All' opposto, assumendo per base di ogni singola operazione un piano progettato con riguardo del tutto e per il tutto, ci troveremo in grado di ordinare a tenore del medesimo le opere da eseguirsi anche più tardi, in guisa che formino colle primitive un armonico insieme.

§. 52.

Per l' esecuzione di un sistematico piano di miglioramento in tal maniera progettato, e per renderne anche più facile lo stesso abbozzamento, convien dividere un fiume in molti piccoli tronchi, all' oggetto di poter considerare ciascheduno di essi, come un tutto dagli altri indipendente. Perchè ciò possa aver luogo, fa di mestieri che ogni tronco sia nella sua estremità a monte determinato da una località non soggetta a veruna essenziale alterazione e sopra la quale non possano propagarsi, discendendo, i guasti e i disordini dell' immediato tronco superiore. Ogni fiume ne annovera parecchie lungo il proprio corso, e sono località che hanno sponde naturalmente sode, o che trovansi in uno stato regolare e scevro da qualsivoglia difetto; sponde inalterabili conformate dall' arte nelle città o altri grandi paesi, ove si è costretti di tenerle guarentite con maggiore accuratezza che altrove; ponti con solide testate di pietra, ed altri oggetti di simil genere.

Per ciascuno dei suddetti tronchi si progetti un piano parziale che lo comprenda tutto affine di avvicinare il fiume nel medesimo alla perfetta regolarità, per quanto le circostanze il concedono. Si stabilisca la sua direzione e quella delle future sponde, fra cui dev' esso decorrere, e si progettino tutti que' lavori, i quali in corrispondenza a questo scopo, o tosto ovvero nel seguito esser dovranno eseguiti. Solo per mezzo di tale sistematico procedimento potranno evitarsi quelle difficoltà, e quelle conseguenze sinistre

che senza di esso possono in progresso di tempo molto facilmente sopravvenire, e che io ho toccate nell' antecedente paragrafo.

§. 53.

Cotesta pratica incontra per altro un impedimento non lieve in quei fiumi, che spesso e rapidamente mutano di corso e di letto: onde molte volte succede che il più confacente piano di miglioramento divenga incompatibile colle variate circostanze locali, ove non si giunga abbastanza per tempo a mandarlo ad effetto. Quando ai singoli riparti testè suggeriti non può esser data, per mezzo di naturali confini, quella sì discreta estensione, in grazia della quale il loro miglioramento effettuabile fosse nel periodo di uno o due anni, s' incontra però sempre nei medesimi uno ed anche più siti, in cui è possibile di produrre con l' arte una cosifatta invariabile limitazione. E se le circostanze de' luoghi togliessero l' adito anche a tale contegno, non rimarrebbe altro espediente, che quello di migliorare questi tronchi fluviali a porzioni, dai punti superiori all' ingiù, in guisa che una parte inferiore non venga intrapresa, se prima i lavori della contigua parte superiore non si vegga corrispondere al divisato intento, in quanto che i disordini e le alterazioni solamente di rado all' insù, ma sempre allo ingiù si propagano. Si eviteranno pertanto gli sconcerti accennati nel principio di questo paragrafo, se il piano della inferior porzione di un tronco fluviale non limitata superiormente da verun punto invariabile, allora soltanto venga progettato e senza remora eseguito, quando la superior porzione dello stesso tronco trovisi già in modo durevole migliorata.

§. 54.

Si può certamente oppormi una serie di difficoltà, che sembrano stare contro l' applicazione di siffatto metodo, o renderlo almeno non indispensabile. Taluno così detto perito d' acque, il quale sia

costantemente abituato a racconciare ne' soli punti ove il male si manifesta, ed ove l' inutilità di tali racconciamenti si sottrae al limitato suo sguardo, può anche riputarlo fantastico ed ineseguibile. Io non mi darò la vana fatica di levarlo dal suo errore: ma rimandarlo posso a quei fiumi, ove con le smodate somme di danaro, che furono spese nel giro di pochi anni, senza un piano determinato, così appunto come il bisogno del momento pareva richiederlo, e secondo il proprio suo stile, non si è giunti ad accostarsi neppure di un passo inverso alla meta. Non è cosa rara che negli stessi fiumi, i quali, attesa la loro importanza, già da secoli sono il campo di continue idrauliche operazioni, s' incontrino dei lavori, privi non solamente di utilità, ma ben anco nocevoli, per aversi appunto negletto il piano sistemale da me rappresentato necessario; e ciò viene a provare che l' architettura dei fiumi non è da gran tempo uscita dalla sua infanzia, e che molto ancora le resta da fare per giugnere alla sua virile età.

§. 55.

Prima che si passi a progettare il piano di miglioramento, è d' uopo essere pienamente informati non solo della natura del fiume, ma ben ancora di tutte le opere preesistenti, degli scopi, che per loro mezzo volevansi conseguire, come pure degli effetti che produssero, quand' anche tornati fossero contrarii all' aspettazione e svantaggiosi. L' economia raccomanda che si tragga possibilmente profitto delle medesime, ove ciò possa aver luogo senza sconcerto di un convenevole piano.

§. 56.

Il primo oggetto, che l' idraulico deve prender di mira, è quello di fissare la confacente direzione del fiume. Questa deve ognora per quanto è possibile accostarsi alla retta linea; le svolte, che importa di conservare, saranno parti, e precisamente sole

piccole parti di una circonferenza di cerchio, descritta con raggio possibilmente grande, o per lo meno non debbono che insensibilmente deviare da questa curvatura, ed unirsi ad altre svolte con naturale andamento, evitando le piegature e i risalti che potessero dar motivo a nuovi pericolosi attacchi del fiume contro le sponde. Ciò si ottiene a meraviglia, ove si assegni alle svolte una comune tangente, cosicchè i raggi con cui vanno esse tracciate, si trovino nella stessa retta, com' è indicato dalla fig. 19, nella quale i raggi *a b* e *b c* delle curve *f b* e *b g* formano una retta, per via di che queste curve hanno la comune tangente *d e*. Ne' punti dove linee rette si uniscono a linee curve, debbono quelle del pari essere sempre tangenti di queste. S' intende da sè che non essendo possibile di convertire un fiume in un canal regolare, sia per iscansare le troppo grandi difficoltà nella esecuzione, sia per evitare spese non necessarie, si devono mantenere le attuali sponde, le quante volte ciò possa succedere senza scapito, e regolare soltanto il loro andamento. Le svolte che per essere troppo grandi, non sono suscettibili di miglioramenti atti a preservarle dai danni, vanno, come già più volte fu detto, traversate da' tagli.

§. 57.

Fissata la direzione del fiume, si passa al tracciamento delle sue sponde. Le linee di queste si tirano parallele a quella direzione, e precisamente a una distanza fra loro che eguagli la normale larghezza del fiume. I renai e le isole che cadono nella direzione del fiume, e che debbono rimuoversi, restino compresi fra queste due linee, affinchè il fiume, qualora per mezzo di manufatti viene concentrato fra le sponde che gli sono prefisse, si trovi costretto di sfrattarli egli stesso (Sez. V, §. 23). Là dove l' eccessiva larghezza dell' alveo non può essere altrimenti circoscritta che per mezzo di argini (§. 8), convien adottare una direzione tale, che quelli non divengano necessarii, salvochè da una parte

soltanto, e per l' altra linea di sponda si tragga profitto della ripa attuale, o almeno, possa la nuova sponda andare formata lungo le fronti dei ripari, che alla ripa stessa si appoggiano. Questa pratica non deve essere affatto negletta nelle stesse parziali costruzioni di sponda, che non hanno menomamente per iscopo di migliorare un lungo tronco fluviale. Importa sempre che si abbiano in vista i più vicini dintorni, che siano superiormente e inferiormente segnate nel piano ambe sponde, secondo una regolare direzione, e con riguardo alla normale larghezza, e che si determini la giacitura stessa di ogni isolato lavoro in modo che risulti corrispondente a quelle linee, cioè che rimandi il fiume alle medesime. Con ciò soltanto si può andare sicuri di promuovere e ristorare la regolarità del fiume, senza perturbarla in altro sito immediato, o subito o nell' avvenire.

§. 58.

Ebbi già spesse volte occasione di fare avvertiti i lettori circa la necessità di prendere ovunque in riguardo la normale larghezza del fiume. Chi la trascura, fallirà quasi sempre il proprio intento, e i suoi lavori non saranno spesso salvo che rappezzamenti acciabattati e puramente precarii. Chi frattanto possiede qualche cognizione della scienza dei fiumi, converrà volontieri e pienamente nell' avviso del consigliere superiore delle pubbliche costruzioni Silberschlag, tanto benemerito di questo ramo della civile architettura, il quale nel suo pregevole Trattato d' idraulica (tom. I, pag. 134) dice: « Sino a che un architetto idraulico non sia di ciò ben penetrato (della necessità di avere in riguardo la normale larghezza), non potrà mai fare un esatto pronostico intorno agli effetti delle sue operazioni, egli fabbricherà a caso e non gli competerà il titolo di perito d' acque, quand' anche avesse ridotti in disordine interi fiumi, intiere provincie ridotte in miseria con li

suoi progetti manchevoli di fondamento, e di poco egli cedesse in ostinatezza al fiume, ancora più ostinato. »

§. 59.

Ho già detto doversi sgombrare le isole, che cadono entro l' andamento della corrente, ed ho anche suggeriti i mezzi per attuare siffatto sgombramento. Ma però questo non è il caso con tutte. Allorquando un' isola è pervenuta ad un grado considerabile di altezza, di estensione e di consistenza; quando uno dei rami da essa formati possiede una profondità sufficiente alla navigazione, o può acquistarsela ; quando le sponde del medesimo ramo non possono venire intaccate, lo sgombramento di essa non è abbastanza fondato, e fa d' uopo soltanto di un confacente regime per uno o per entrambi i rami del fiume.

Se l' uno dei due rami giace a un dipresso nella direziene del fiume superiore, non per anco bipartito dall' isola, ed ha in pari tempo una sufficiente larghezza per accogliere tutto il fiume, o può essere a tale oggetto convenientemente dilatato, si chiuda allora l'altro ramo, e lo si disponga a interrirsi, con che poi l' isola viene congiunta alla ripa. In questa operazione si procede con lo stesso metodo, che seguesi, quando trattasi di bonificare un letto fluviale dopo l' attuazione di un taglio. Il fiume così concentrato nell' altro ramo, vi si procurerà in breve tempo da sè stesso tutto lo spazio del quale ha bisogno, e soltanto per via di ripari di difesa e di spinta in confacente maniera applicati si deve spronarlo a stabilirsi l' alveo in regolar direzione e regolarmente, e ad investire e rodere le sponde in que' soli punti, ove questo fine lo esige.

§. 60.

Può darsi il caso che non si possa chiudere l' uno de' bracci fluviali, e che si debba in conseguenza mantenerli aperti ambidue,

o perchè del medesimo si abbia bisogno per qualunque interessante oggetto, o perchè l' altro non sia suscettibile di tutta quella dilatazione che gli sarebbe necessaria onde poter accogliere l' intera massa del fiume. Esso, per altro, suol essere troppo magro per la navigazione, e si deve somministrargli una maggiore quantà di fluido, che non gli può venire fornita, se non che sottraendo all' altro ramo fluviale una porzione delle sue acque. Ciò deve effettuarsi per ministero di un riparo di diversione, il quale impostato dalla punta dell' isola all' insù dalla parte del ramo da depauperarsi, intercetta una porzione dell' acqua di questo, e la convoglia verso il ramo contiguo. Egli è se non sempre necessario, pure in ogni tempo giovevole di misurare le sezioni dei due rami, e le velocità rispettive onde avere gli elementi per conoscere la quantità dell' acqua, che ciascun di loro smaltisce, e dietro ciò poter determinare l' accrescimento di quella del ramo che trattasi di arricchire, come altresì la direzione e la lunghezza del manufatto. A dir vero, l' esito non sarà mai in perfetto accordo coi risultati delle fatte misurazioni e calcolazioni, attesochè, in grazia appunto del riparo succede un' alterazione in ambi i rami fluviali, la quale non era dapprima esattamente assegnabile; ma si è posti in grado così di stabilire almeno approssimativamente la lunghezza di quel manufatto. In appresso riesce facile, mercè l' osservazione dell' esito, di effettuare quelle modificazioni, che fossero tuttavia necessarie per conseguire il divisato intento.

Il riparo di diversione deve qui talvolta supplire a un altro offizio, quello cioè, di proteggere la punta dell' isola, che senza di esso verrebbe forse abbattuta, e però la massa dell' acqua in ambi i rami fluviali andrebbe soggetta a continue vicissitudini.

Una precauzionale misura da raccomandarsi assai caldamente consiste in premunire dalle corrosioni con qualche lavoro di rivestimento la fronte del riparo, affinchè non possa nascere il caso, che il ramo fluviale, per di lui mezzo ristretto, giunga di bel nuovo

ad allargarsi, e resti per tal modo scemata, se non anche fallita la efficacia del manufatto.

§. 61.

Due rami che interessi di mantenere aperti ad un tempo debbono sempre l'un dall' altro dividersi sotto un angolo molto acuto, a meno che l' un d' essi non debba a poco a poco interrirsi, e l'altro trascorrere in una risvolta. Quando la natura non abbia predisposta l'estremità superiore dell' isola in modo che formi convenientemente quest' angolo, si deve produrlo con l' arte, facendo partire un idoneo manufatto dalla detta estremità all' incontro della corrente superiore. A questo manufatto può darsi il nome di riparo di divisione rivolto all'insù.

§. 62.

Entrambi i rami possono a sì alto segno divergere dalla direzione del fiume indiviso, che non convenga assegnare per alveo di questo nè l'uno nè l' altro di essi. Non essendo possibile d' impedire in codesti rami il progressivo crollo delle sponde a mezzo di presidiali lavori, altro ripiego non resta che di fare un taglio attraversante l' isola. In tale incontro vengono a proposito pressochè tutte le regole insegnate nella sezione dei tagli, con la sola differenza che quanto fu colà dichiarato necessario per l' avviamento del fiume nel taglio, e per l' interrimento del vecchio alveo, qui deve aver luogo da ambi i lati dell' imboccatura, e per i letti di entrambi i rami. Questo caso del resto, non si presenta che rarissime volte.

INDICE DELLA PRIMA PARTE.

INTRODUZIONE

SEZIONE PRIMA

Delle proprietà de' fiumi

SEZIONE SECONDA

Delle misurazioni idrometriche.

SEZIONE TERZA

Delle fascinate.

SEZIONE QUARTA

Delle armature e dei rivestimenti delle sponde.

SEZIONE QUINTA

Dei ripari

SEZIONE SESTA

Dei tagli.

SEZIONE SETTIMA

Delle piantagioni.

SEZIONE OTTAVA

Del miglioramento dei fiumi in generale.

I.

Innocuità dei fiumi, e mezzi di stabilirla e di mantenerla.

II.

Mantenimento della navigabilità dei fiumi.

FINE DELL' INDICE DELLA PRIMA PARTE.

Tav. I

a

d.

h

a

b

c

d

a

c

f

f

d

Fig. 11

b

A

Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Fig. 9
Fig. 10
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13

Arte di reggere i Fiumi

Fig. 31
Fig. 33
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25
Fig. 26
Fig. 27
Fig. 28
Fig. 29
Fig. 30
Fig. 32

ti

2 1

2 1

br

8 2

3 2

ito